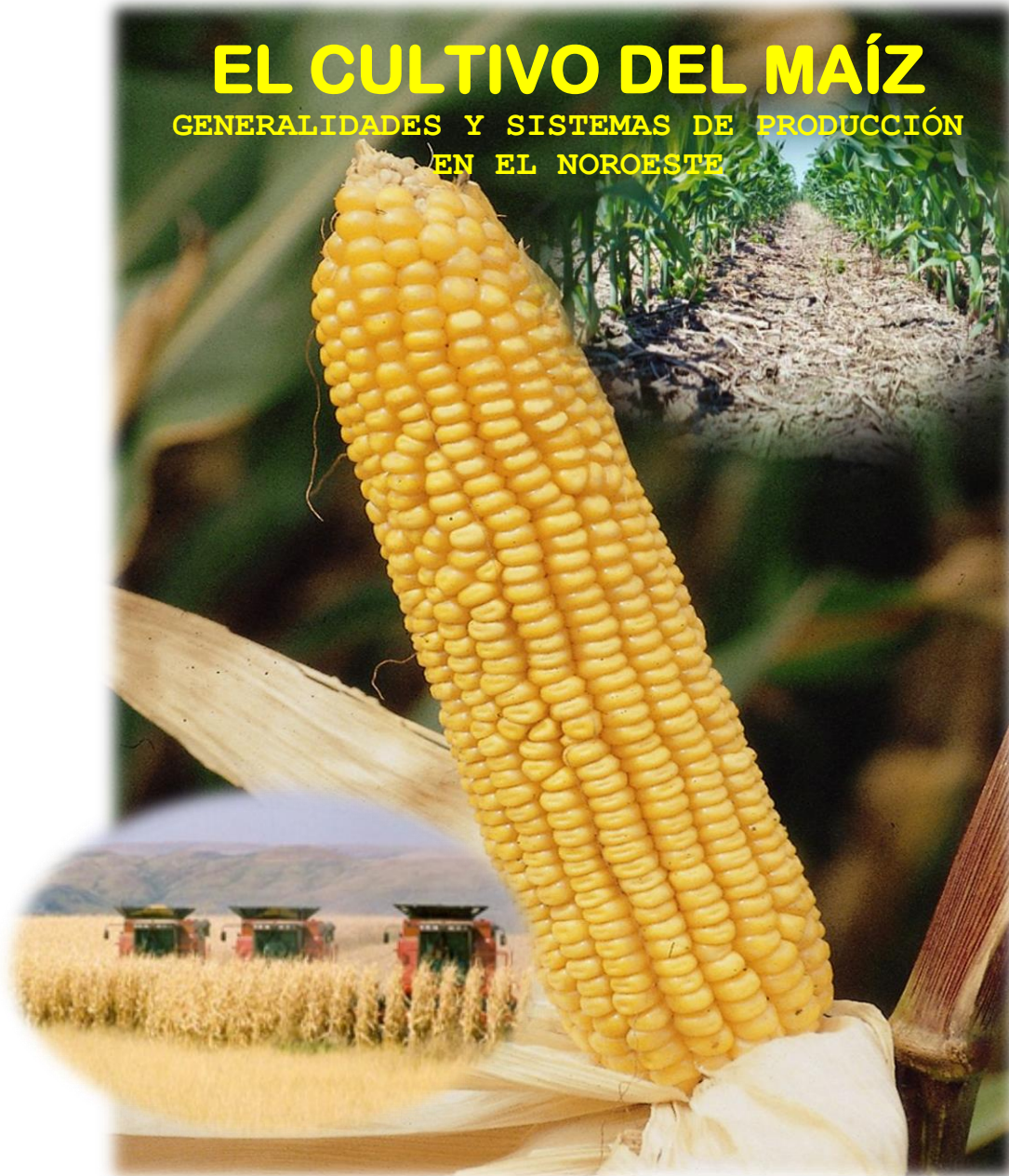


UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISION DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA



MC JOSE ALBERTO AVILA MIRAMONTES
ING. JESUS MANUEL AVILA SALAZAR
MC DAMIAN MARTINEZ HEREDIA
DR. FRANCISCO JOSE RIVAS SANTOYO

2014-9



DIRECTORIO

MARIA RITA PLANCARTE MARTÍNEZ

Rectora

LUZ MARÍA DURÁN MORENO

*Vice Rectora
Unidad Centro*

JUAN CARLOS GALVEZ RUÍZ

Director de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud

ANDRES OCHOA MEZA

Jefe del Departamento de Agricultura y Ganadería

FRANCISCO PACHECO AYALA

Presidente de la Academia de Fitotecnia



CONTENIDO

[INTRODUCCIÓN](#)

[SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN MUNDIAL](#)

[SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN EN MÉXICO](#)

[PARTICIPACIÓN POR ESTADOS](#)

[ORIGEN Y TAXONOMÍA](#)

[CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA](#)

[TIPOS DE MAÍCES](#)

[RAZAS DE MAÍCES EN MÉXICO](#)

[MORFOLOGÍA](#)

[AGROECOLOGÍA DEL CULTIVO](#)

[FENOLOGÍA DEL CULTIVO](#)

[FECHA DE SIEMBRA](#)

[VARIEDADES E HÍBRIDOS](#)

[TRANSGÉNICOS](#)

[SISTEMAS DE SIEMBRA](#)

[FERTILIZACIÓN](#)

[RIEGO](#)

[COMBATE DE MALEZAS](#)

[PLAGAS](#)

[ENFERMEDADES](#)

[COSECHA](#)



EL CULTIVO DEL MAÍZ

(*Zea mays* L *ssp. mays* Ittis and Doebley)

El maíz es uno de los pocos cultivos que se pueden sembrar en una gran variedad de climas, suelos, latitudes y altitudes, ya que se siembra desde los 40 ° latitud sur en Argentina y Chile hasta los 60 ° latitud norte en Canadá. El maíz es un cultivo cuyos usos son muy variados pues es utilizado tanto en el área de alimentos como industrial. En el área de alimentos es muy utilizado en la elaboración de alimentos y bebidas por ejemplo el jarabe de maíz es muy utilizado en la elaboración de bebidas refrescantes o la harina de maíz. El maíz es la mayor fuente de almidón en el mundo. Su almidón puede ser fermentado en alcohol, incluyendo el etanol como combustible, mientras que en la industria del papel su almidón es su mayor uso no comestible (DHAOGTR, 2008). En México el maíz es parte importante de la dieta de los mexicanos, ya que es un cultivo que su población lo ha consumido desde tiempos ancestrales y que fue un factor importante en el asentamiento y desarrollo de las primeras culturas meso americanas, como los aztecas, olmecas, mayas etc. En México su consumo *per cápita* es de 210 a 271 kg al año. Junto con el trigo y el arroz, constituye uno de los recursos renovables más relevantes en la historia de la humanidad. En náhuatl se conocía como *Tlayoli*, *Centli* o *Cintle*, en maya como *Ixi* y *Detha* en Otomí (Reyes-Castañeda, 1990).

El maíz es una de las especies cultivadas más productivas. Es una planta C4 con una alta tasa fotosintética. Considerada individualmente, su tasa de multiplicación es de 1:600-1000 (Aldritch, Scott y Leng, 1975). El maíz tiene el potencial más alto para la producción de carbohidratos por unidad de superficie por día. Fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo, tal como se pone en evidencia en la bien documentada historia del maíz híbrido en los Estados Unidos de América y posteriormente en Europa. El éxito de la tecnología basada en la ciencia para el cultivo del maíz ha estimulado una revolución agrícola generalizada en muchas partes del mundo (R.L. Paliwal, EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS. FAO, 2001).

Dentro de los cereales el maíz ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada, superado solamente por trigo, sin embargo, posee el primer lugar en cuanto a la producción de grano entre todos los cereales cultivados (FAO, 2022). Como menciona Paliwal, 2001, es el cereal



que posee un mayor rendimiento por unidad de superficie y mayor producción en carbohidratos por área. En los últimos 5 años se ha sembrado en promedio 184.8 millones de hectáreas con una producción de 1,043.2 millones de toneladas, lo que representa un rendimiento promedio de 5.64 ton/ha, para este periodo. En el ciclo agrícola 2021, se sembraron un total de 201.11 millones de hectáreas con una producción de 1,204.523 millones de toneladas métricas y un rendimiento de 5.99 toneladas por hectárea, lo que representó un pequeño aumento en la superficie de siembra y producción con respecto del ciclo anterior. En el periodo de 1992 a 2021 se ha observado un incremento en la superficie de siembra de un 53% ya que en el ciclo agrícola 1990 se sembraron 131 millones de hectáreas y en el ciclo agrícola 2021 fue de 201 millones de hectáreas, siendo más notable su incremento tanto en la producción de grano como en el rendimiento, ya que pasó de una producción de tan solo 483.37 millones de toneladas en 1992 y un rendimiento de 3.69 ton/ha, a una producción de 1,204 millones de toneladas y un rendimiento de 5,99 ton/ha, en 2021, lo que ha representado un incremento neto de 249 % en la producción de grano y 62.23 % en el rendimiento, como se puede apreciar en la figura M1.

El maíz es uno de los pocos cultivos que se siembran en una gran cantidad de países, quedando solo unos cuantos sin sembrar este cereal, sin embargo, los países más importantes en cuanto a la superficie de siembra en el ciclo agrícola 2021, fueron: China, con una superficie de 42 millones de hectáreas y una producción de 273 millones de toneladas, seguido, por Estados Unidos y Brasil, con una superficie de siembra de 34.43 y 20.8 millones de ha y producción de 382,6 y 118 millones de toneladas respectivamente, la India ocupó el cuarto sitio con 9.7 millones de ha y una producción de 30.0 millones de toneladas, la unión Europea con 9.075 millones de ha y 67.85 millones toneladas de producción. México ocupó el sexto lugar en cuanto a la superficie de siembra con 7.3 millones de ha y el octavo en cuanto a su producción con 28.00 millones de toneladas, Argentina ocupó el séptimo en cuanto a la superficie de siembra, pero el sexto en cuanto a su producción con 6.8 y 54,0 millones de ha y toneladas respectivamente (USDA, 2022), como se puede observar su participación en el ciclo 2021 en la figura M2. En cuanto al rendimiento, Israel es uno de los países que ha reportado los rendimientos más altos (> 20 ton/ha), sin embargo, su superficie no ha sido significativa, siendo por lo tanto EE. UU. y Turquía los países con más altos rendimientos y superficie significativa con 11.11 y 12.03 ton/ha respectivamente, siendo a su vez los EE. UU. el principal país exportador de este grano seguido por Brasil y Argentina con 54, 47 y 41 millones de toneladas respectivamente en el ciclo 2022.

(<https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=corn&graph=exports> . , 2023).



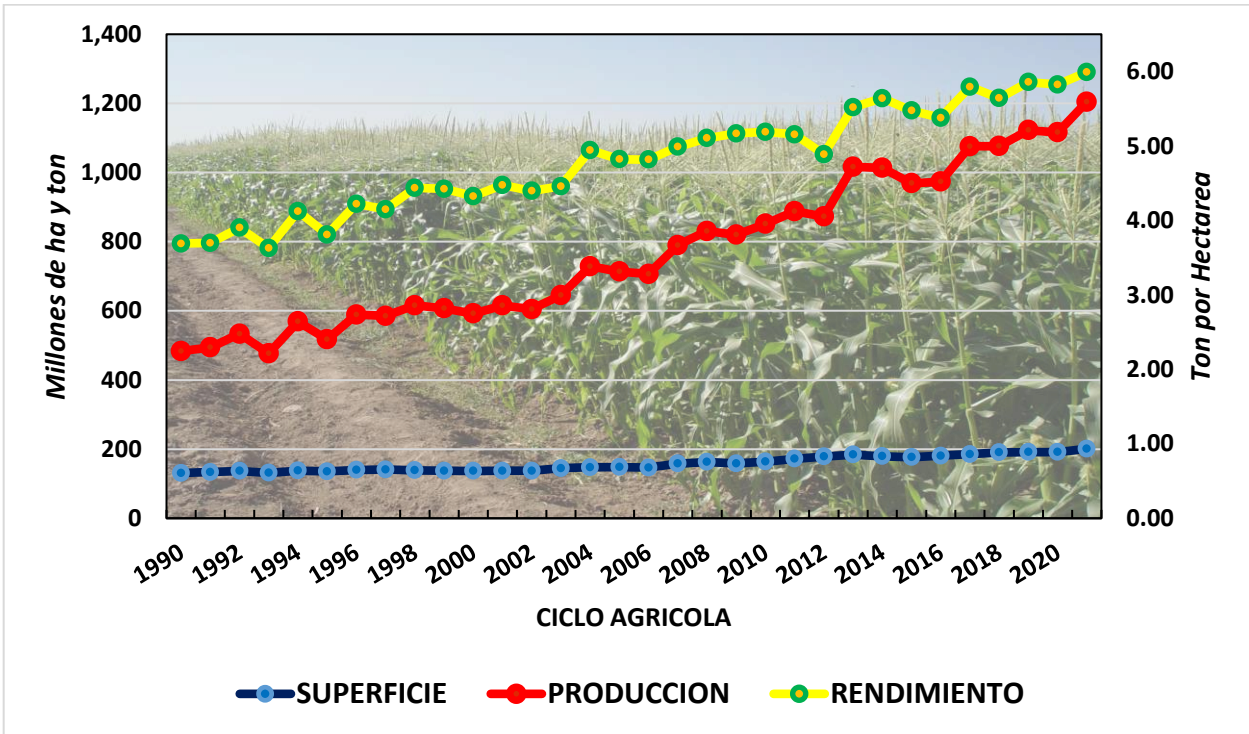


Figura M1.- Comportamiento mundial en la Superficie, Producción y Rendimiento de maíz en el periodo de 1990 a 2021 (www.faostat.fao.org, 2022; USDA-FAS, 2022)

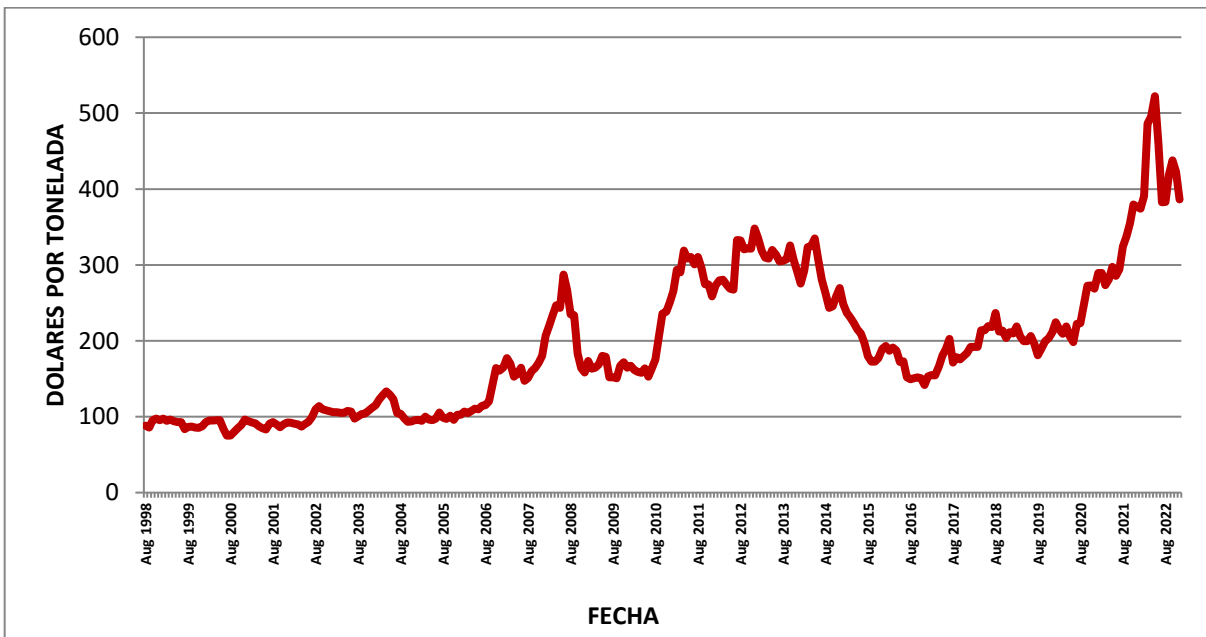
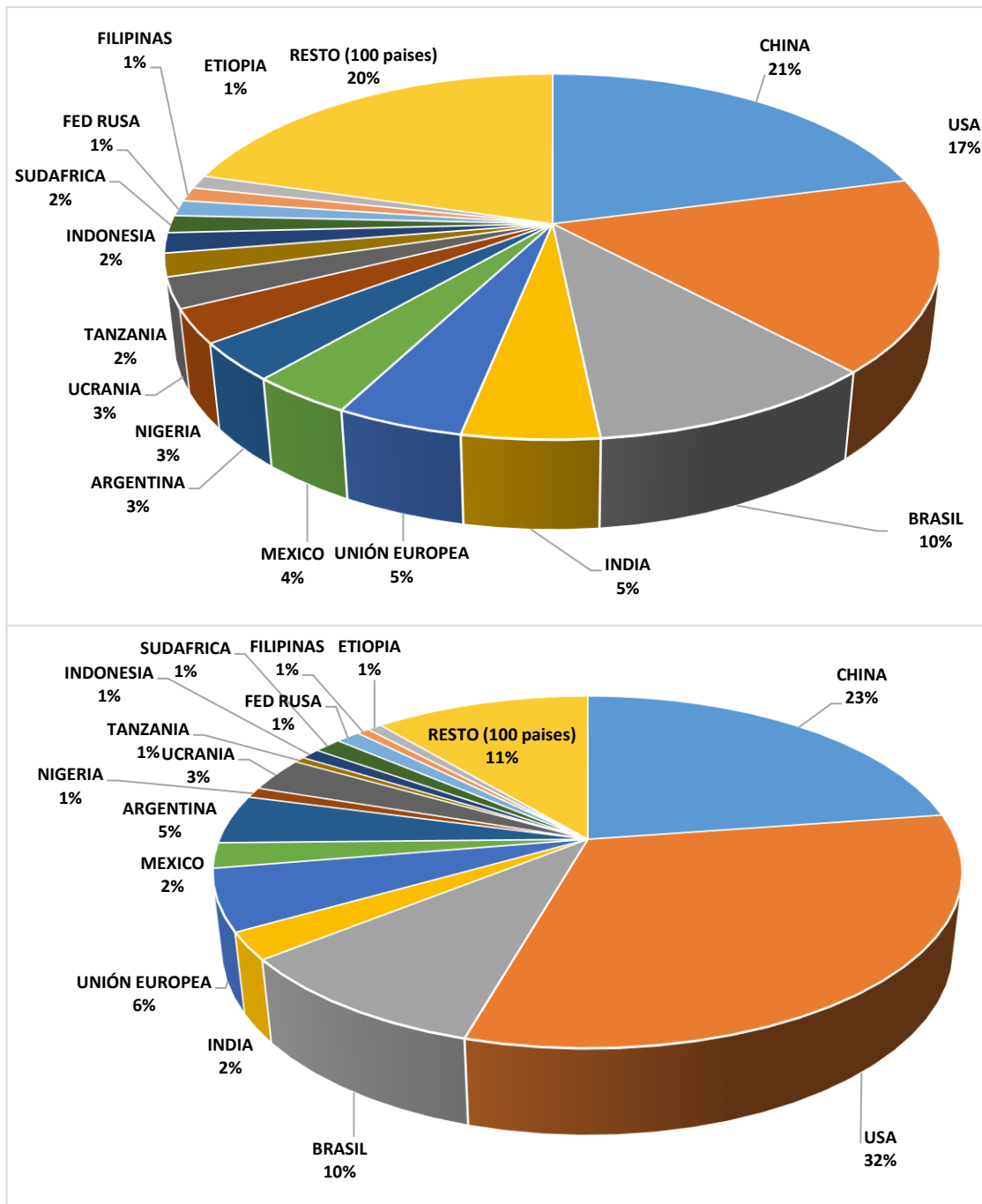


Figura M 1.1.- Fluctuación del precio mundial de maíz por tonelada en el periodo de agosto de 1998 a diciembre de 2022. <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=wheat&months=120>





Z

Figura M2.- Participación de los principales países en la Superficie (*arriba*) y producción (*abajo*) de maíz en el ciclo 2021 (USDA, 2022).

<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>



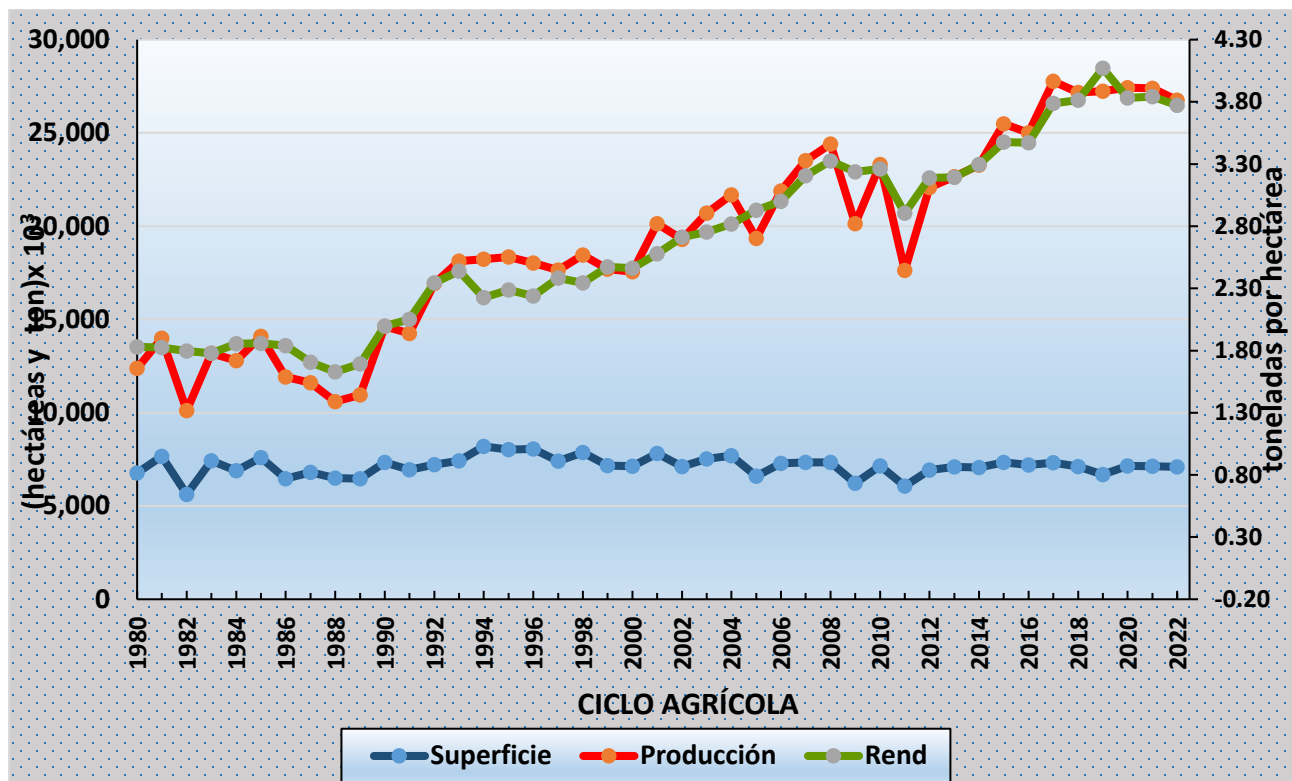


Figura M3.- Comportamiento en la superficie de siembra, Producción y Rendimiento de Maíz en México en el periodo de 1980 a 2022 (FAOSTAT, 2022; SIAP, 2023)

Anualmente en México se siembran alrededor de 7 millones de hectáreas de maíz, para grano, teniéndose una pequeña fluctuación año con año, con una producción promedio de 22,360 millones de toneladas anuales (SAGARPA, 2019). En los últimos 30 años se ha observado un incremento muy importante en el rendimiento nacional ya que de las 1.83 ton/ha que se obtenían en 1980, se ha logrado incrementar a 3.25 ton/ha en 2022, lo que ha representado un incremento del de 78 a 110 % (como se aprecia en la figura M3), esto se ha logrado debido principalmente por el incremento en la superficie de siembra en el estado de Sinaloa, la introducción de materiales con mayor potencial y sobre todo a un manejo más eficiente del cultivo en la mayoría de las áreas tecnificadas del país.

En México se sembraron en el ciclo agrícola 2021/2022 un total de 7.093 millones de hectáreas con una producción de 27.00 millones de toneladas de grano de maíz, siendo en su mayor proporción maíz blanco, contribuyendo en un 92 % de la producción nacional de grano, el maíz blanco es el tipo de maíz que la población mayormente consume, en lugar del maíz amarillo.

En México En el ciclo 2020/2021 se sembró un 6.6 % de la superficie con maíz amarillo, (514,445 ha). El maíz amarillo en México es destinado básicamente para alimento de ganado y elaboración de dietas balanceadas para diversas especies, sin embargo, poco a poco se ha venido incrementando su consumo en algunos estados. Existen pocos estados dentro de la república mexicana que no siembran este cereal, que como se dijo anteriormente, es el principal cultivo en México. Dentro de los estados productores de maíz, Sinaloa sobresale en cuanto a su producción y rendimiento, llegándose a obtener rendimientos de 12 ton/ha y en ocasiones más, en una superficie que varía año con año, dependiendo básicamente de la disponibilidad de agua en el sistema de almacenamiento de sus presas, ya que como ejemplo podemos observar que en ciclo 2017 la superficie de siembra fue de 574 274 ha y en 2022 de 459,319 ha. Actualmente los productores de maíz en éste y otros estados se encuentran preocupados por el incremento en el costo de los insumos y la captación de agua de sus presas, por lo que buscan nuevas alternativas en otros cultivos, ya que el margen de utilidad en maíz ha venido decreciendo. En el ciclo agrícola 21/22 los estados que destacan en cuanto a su superficie de siembra tenemos a: Jalisco con 584,789 ha, Veracruz 560,392, Sinaloa con 459,319 ha, Oaxaca con 515,607, Puebla con 512,403 ha, sin embargo, solo Sinaloa y Jalisco sobresalen en la producción en la producción con 5.315 y 3.926 millones de toneladas respectivamente, destacando también los estados de: Guanajuato, México y Michoacán con 1.918, 1.931 y 1.903 millones de toneladas respectivamente, como se puede apreciar en el cuadro M2

En México, el maíz blanco es el principal tipo de maíz que se siembra año con año con aproximadamente una producción de 24 millones de toneladas contribuyendo entre un 87 a 92% de la producción total, ocupando la producción de maíz amarillo el segundo lugar con aproximadamente 3 millones de toneladas. La siembra de maíz amarillo en el ciclo agrícola 2021 se concentra básicamente en tres estados: Chihuahua, Jalisco y Chiapas, que en conjunto ocuparon aproximadamente con el 71 % de la superficie de siembra y el 78 % de la producción de maíz amarillo (SIAP, 2022)



Cuadro M1.- Participación en la superficie de siembra y producción de los diferentes tipos de maíz en México en el ciclo 2021 (SIACON, 2022)

TIPO DE MAIZ	SUPERFICIE ha	PRODUCCION toneladas	RENDIMIENTO ton/ha
AMARILLO	514,445	3,147,058	6.11
BLANCO	6,579,366	24,235,821	3.69
POZOLERO (Cacahuazintle)	7,197	25,646	3.56
PALOMERO	223	596	2.677
FORRAJERO (verde)	596,563.3	17,250,123	28.915
DE COLOR	32,053	83,072	2.59
MAÍZ AZUL	6,560	11,879	1.81
TOTAL	7,742,728	44,193,453	

El consumo total en el país es de unas 44.5 millones de toneladas al año, si consideramos una población de 124 millones de mexicanos el consumo *per cápita* de maíz en México hasta 2022 sería de 346 kg al año, por lo que a pesar de que se producen en el país alrededor de 24 millones de toneladas, existe un gran déficit de grano de maíz por lo que año con año se tienen que importar alrededor de 18 millones de toneladas de grano de maíz, siendo en su gran proporción maíz amarillo (adaptado de datos de USDA-FAS, www.indexmundi.com/agriculture, 2023), como se observa en el Anexo M1. México es uno de los principales países importadores de maíz, en el ciclo 2021 ocupó el segundo lugar y en el ciclo 2022 el tercero como país importador de maíz, solo fue superado por EE. UU. y China (<https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=corn&graph=imports>, 2023)



Cuadro M2.- Participación estatal en la superficie de siembra, producción y rendimiento de maíz en México en los ciclos agrícolas O-I 2021/2022 y P-V 2021/2021 (SIAP, 2023)

ESTADO	SUPERFICIE			PRODUCCION				RENDIMIENTO	
	O-I 21/22	P-V 21/21	TOTAL	O-I 21/22	P-V 21/21	TOTAL	O-I 21/22	P-V 21/21	
Aguascalientes		40,072	40,072			73,724		1.840	
Baja California	165	1,570	1,734	1,788		18,138	11.16	11.557	
BCS	3,234	2,378	5,612	19,570		10,026	6.00	4.216	
Campeche	16,230	147,787	164,017	42,534		369,014	2.23	2.497	
Coahuila		25,369	25,369			23,095		0.910	
Colima	2,331	10,036	12,367	13,147		39,125	5.59	3.899	
Chiapas	112,756	577,776	690,532	197,682		1,089,170	1.78	1.885	
Chihuahua	40	200,104	200,144	24		1,507,918	0.73	7.536	
CDMX		3,410	3,410			4,194		1.230	
Durango	24	122,957	122,981	96		303,607	3.60	2.469	
Guanajuato	50	399,396	399,446	540		1,918,157	10.19	4.803	
Guerrero	31,146	474,967	506,113	120,735		1,334,711	3.77	2.810	
Hidalgo	24,348	178,547	202,895	38,734		580,959	1.59	3.254	
Jalisco	3,928	580,861	584,789	24,920		3,901,771	5.94	6.717	
México	369	487,967	488,336	1,287		1,931,436	3.47	3.958	
Michoacán	7,026	458,545	465,571	29,260		1,873,628	3.41	4.086	
Morelos	633	37,933	38,566	2,776		158,239	4.43	4.172	
Nayarit	4,791	21,168	25,959	36,749		85,919	6.83	4.059	
Nuevo León	505	51,425	51,930	809		55,251	3.23	1.074	
Oaxaca	71,343	444,264	515,607	180,221		578,929	2.55	1.303	
Puebla	21,734	490,669	512,403	48,156		1,122,030	2.18	2.287	
Querétaro	125	87,451	87,576	233		221,901	1.94	2.537	
Quintana Roo	3,549	52,930	56,479	5,968		58,569	1.76	1.107	
SLP	17,840	187,821	205,661	36,570		200,489	2.42	1.067	
Sinaloa	429,013	30,306	459,319	5,218,994		95,932	11.85	3.165	
Sonora	15,093	5,190	20,283	168,929		28,592	11.76	5.509	
Tabasco	38,692	50,366	89,058	78,118		96,358	1.99	1.913	
Tamaulipas	75,597	50,843	126,440	409,148		67,422	5.60	1.326	
Tlaxcala		119,303	119,303			351,568		2.947	
Veracruz	206,111	354,281	560,392	516,304		788,977	2.45	2.227	
Yucatán	6,306	100,583	106,889	34,571		105,450	5.39	1.048	
Zacatecas	133	204,285	204,418	1,009		538,839	6.15	2.638	
TOTAL	1,093,112	6,000,558	7,093,670	7,228,870		19,533,136	6.88	3.255	



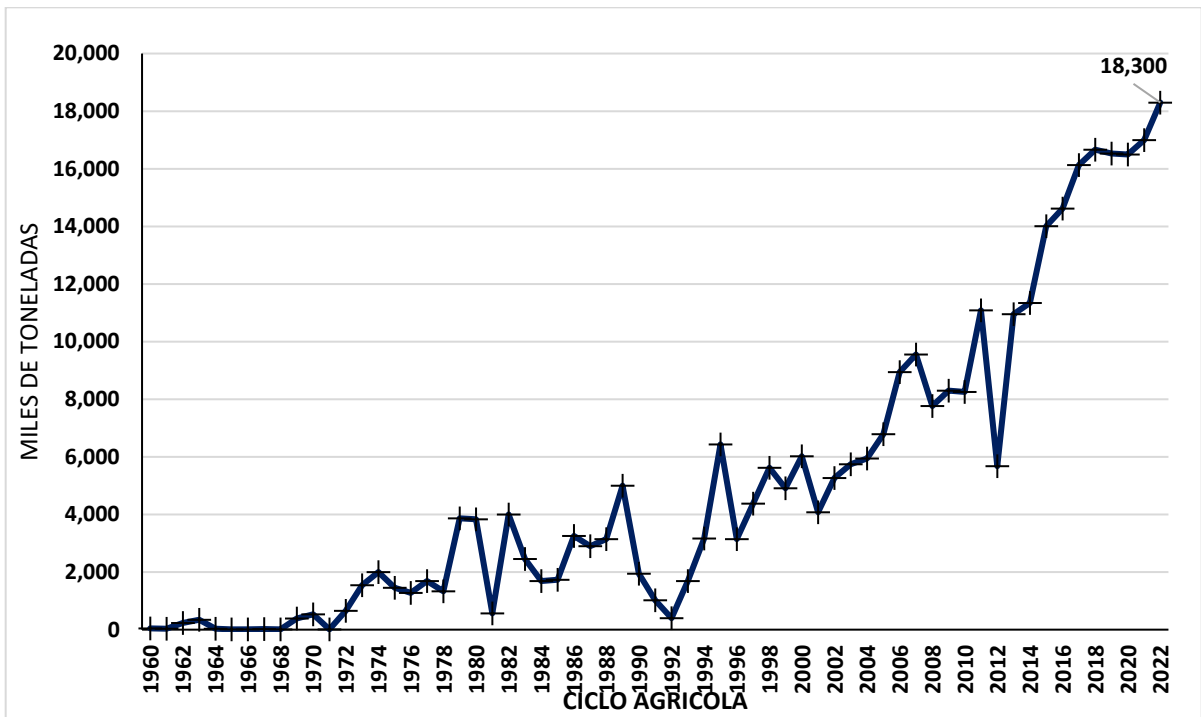
Cuadro M 3.- Participación en superficie de siembra y producción de grano de los diferentes Sistemas de Producción de Maíz en las dos principales épocas de siembra en México en el ciclo 2022 (SIAP, 2023)

SUPERFICIE			
	O-I	P-V	TOTAL
RIEGO	623,886	779,107.19	1,402,994
TEMPORAL	469,226	5,221,450.48	5,690,676
TOTAL	1,093,112	6,000,558	7,093,670

PRODUCCIÓN			
	O-I	P-V	TOTAL
RIEGO	6,263,783	6,146,040	12,409,823
TEMPORAL	965,087	13,387,096	14,352,183
TOTAL	7,228,870	19,533,136	26,762,006

Como se puede observar en los cuadros anteriores, dentro de los diferentes sistemas de producción de maíz en México, la siembra de temporal es la que ocupa la mayor superficie, en comparación con los sistemas de siembra bajo riego, en donde el **80%** de la superficie es bajo temporal. y solamente el **20 %** bajo riego. Además, se puede observar que, en las siembras de temporal, la época de siembra más importante son las **siembras de primavera-verano**, ya que representaron el 73.61 % del **total** de la superficie de siembra. En cambio, en los sistemas bajo riego, la superficie de siembra es muy similares en ambas épocas de siembra. Sin embargo, a pesar de que la siembra de temporal cubre una mayor superficie de siembra, en cuanto a la producción, en este ciclo la producción de grano bajo riego represento el **46.4 %** de la producción total contra el **53.6 %** de la siembra de temporal, esto nos resalta la importancia de la producción de maíz en los diferentes distritos de riego del país (SIAP, 2023).





Comportamiento en las importaciones de grano de maíz en México en el periodo de 1960 a 2022 (www.indexmundi.com, 2023)



ORIGEN DEL MAIZ

Aunque se ha dicho y escrito mucho acerca del origen del maíz, todavía hay discrepancias respecto a los detalles de su origen. Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas domesticada por los primeros pobladores de América, hace entre 7,000 y 10,000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos de México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz encontradas fueron estimadas en más de 5,000 años de antigüedad y fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Reyes C., 1990; Paliwal, R.L. FAO, 2001).

Wilkes y Goodman (1995) han resumido en forma de diagrama varios modelos probables para el origen del maíz. Estos son: *i*) evolución vertical del maíz moderno a partir de maíz silvestre; *ii*) progresión de teosinte a maíz; *iii*) separación del maíz y el teosinte, originados ambos en un ancestro común, habiéndose separado durante el proceso evolutivo; y, *iv*) hibridación, habiéndose originado el maíz como un híbrido entre teosinte y una gramínea desconocida (Figura M4).

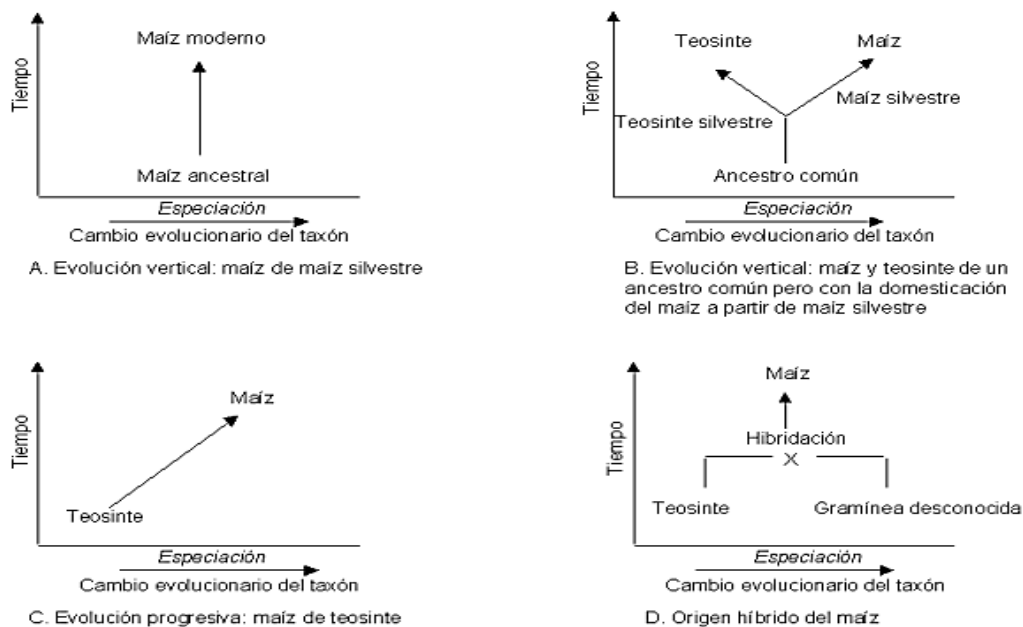


Figura M4.- Teorías relacionadas con la evolución del maíz, adaptado de Wilkes and Goodman, 1995

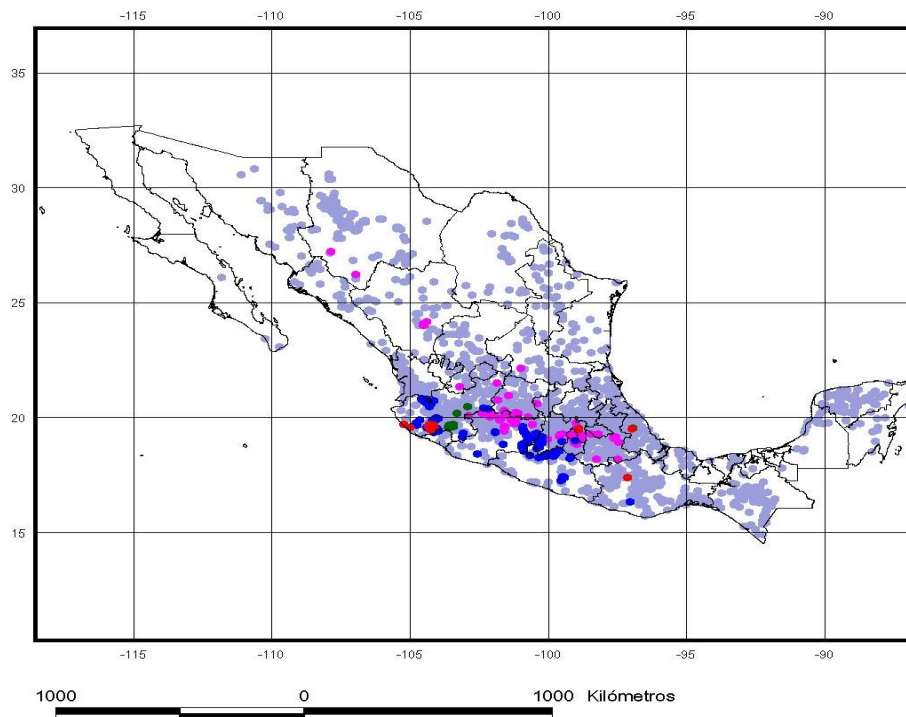
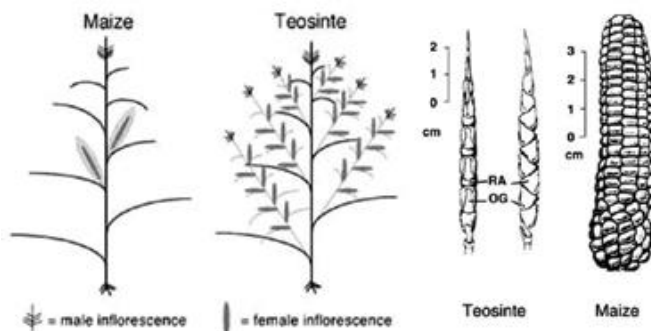


Figura M5.- Distribución de las principales especies del género *Zea* en México *Z. diploperennis*, *Z. mays mays*, *Z. mays mexicana*, *Z. mays parviglumis* y *Z. perennis*

Se reconocen como centro de origen del maíz, las regiones centro y sur de México y centro América, ya que es aquí donde se encuentra la mayor fuente de variabilidad genética en forma silvestre, la teoría más aceptada es que se cree que el origen del maíz cultivado procede de un ancestro como el teocintle (*Zea mays mexicana*). Los granos de teosinte están enclaustrados en frutos con envolturas rígidas. Los componentes de esas envolturas rígidas también están presentes en el maíz, pero su desarrollo está alterado de modo tal que los granos no están enclaustrados como en el teosinte, sino que están expuestos en la mazorca. Doebley y Stec (1991, 1993), Doebley *et al.* (1990) y Dorweiler *et al.* (1993) han identificado, descrito y mapeado genéticamente un *locus* de características cuantitativas (QTL), el *tga 1* (arquitectura de gluma teosinte 1) el cual controla esta diferencia fundamental entre maíz y teosinte. Cuando este QTL de maíz, el *tga 1*, fue transferido al teosinte, su grano no fue retenido fuertemente dentro de la cúpula y quedó parcialmente expuesto. En el experimento contrario, cuando el QTL de teosinte fue transferido al maíz, la gluma se endureció y desarrolló características similares a las del teosinte. Este descubrimiento del *tga 1* explica uno de los posibles pasos de la transformación del teosinte en maíz. Esto también ilustra el hecho de que la evolución de una nueva adaptación puede ser gobernada por un *locus* simple y que

esa evolución puede ocurrir en relativamente pocas etapas amplias (Orr y Coyne, 1992). Por otra parte, Iltis y Doebley en 1980, sugirieron que el maíz y el teosinte son dos subespecies de *Zea mays*. Esta opinión, sin embargo, no es muy aceptada por los Fito mejoradores del maíz, aunque cuenta con el apoyo de los botánicos. (Tomado de “EL MAIZ EN EL TROPICO” de Paliwal, FAO, 2001). Un segundo *locus* es *tb1* (*teosinte branched 1*), que dicta una diferencia en la arquitectura de la planta, es decir, el *teosintle* tiene un tallo erecto que se ramifica, y en el que cada uno de los brazos de las ramas laterales, portan las flores femeninas y culminan en una flor masculina, y en el maíz cultivado tiene entre las hojas pequeñísimas ramas laterales que portan la flor femenina, que después de la fecundación formará la mazorca y la flor masculina se encuentra en la punta del eje



central de la planta. **De los diferentes estudios para dilucidar el origen del maíz, realizados por diversos grupos de investigación, se concluye que el teosinte es el ancestro del maíz actual, siendo la especie más cercana *Zea mays ssp parviglumis* y que dicho origen podría**

haber sido en la región del Balsas en el estado de Guerrero. (Claudia A. Bedoya, Claridades Agropecuarias 201:32-42, 2010).

Ortega-Corona y cols., (2008) dentro de su discusión mencionan que en base a la información reunida hasta la fecha (cita a Matsuoka, 2002; Doebley, 2004; Buckler, 2005), nos indica que fue en la mega-diversa región Mesoamericana de México, donde ahora confluyen los Estados de Guerrero, México y Michoacán, el lugar en el que se dio el único evento de domesticación del Teocintle del Balsas, dentro de los últimos 10,000 años, para dar origen al maíz, y que de éste evento surgieron, por la selección consiente de los habitantes de esa región, las Razas Mexicanas de Maíz, de las que gradualmente derivaron las de América Latina, retroalimentando a las Mexicanas en el curso del tiempo (Ortega-Corona *et al.*, 2008).

UBICACION TAXONOMICA

El maíz pertenece a la familia de las **Gramíneas** (*Poáceas*), subfamilia *Panicoideae*, tribu *Andropogoneae* (*Maydea*), Genero *Zea* y a la especie *Zea mays*, que es la única especie cultivada de este género. Otras especies del género *Zea*, comúnmente llamadas *teosintle* como se mencionó

anteriormente y las especies del género *Tripsacum*, conocidas como arrocillo o maicillo, son formas salvajes y parientes cercanos a *Zea mays*.

Los *teosintles* comprenden siete taxa divididos en dos secciones y cinco especies (Bedoya, 2010; Kato *et al.*, 2009; CONABIO, 2008))

Section Luxuriantes Doebley & Iltis

Zea perennis (Hitch.) Reeves & Mangelsdorf

Zea diploperennis Iltis, Doebley & Guzmán

Zea luxurians (Durieu & Ascherson) Bird

Zea nicaraguensis Iltis & Benz.

Actualmente se han descubierto tres nuevas especies de teosintles, uno en Nayarit, Oaxaca y Michoacán

Section Zea (especies anuales)

La cual comprende una sola especie *Zea mays* y cuatro subespecies:

Zea mays ssp. mays Iltis & Doebley (maíz moderno)

Zea mays ssp. parviglumis Iltis and Doebley (raza Balsas)

Zea mays ssp. mexicana (Schrader) Iltis (razas Chalco, Mesa Central, Durango, Plateau y Nobogame)

Zea mays ssp. huehuetenangensis (Iltis and Doebley) Doebley (raza Huehuetenango).

Otros parientes silvestres cercanos al género *Zea* son las especies pertenecientes al género *Tripsacum*, Actualmente se tienen descritas 16 especies para *Tripsacum* de las cuales 12 se encuentran distribuidas en México. El género *Tripsacum* se divide en dos secciones, (*Fasciculata*, con espiguillas masculinas pediceladas y *Tripsacum*, con espiguillas no pediceladas); la sección *Fasciculata* cuenta con 5 especies y la sección *Tripsacum* con 11 especies; (SAGARPA-INECONABIO, 2008).

Otro tipo de clasificación del maíz se basa en la textura del grano, tamaño y forma de tal manera que se reconocen 7 tipos, como se muestran a continuación:

MAÍZ TUNICADO (*Zea mays ssp mays tunicata*) Es un maíz primitivo donde granos se encuentran cubierto con las glumas y que es de poca importancia económica



sus

MAÍZ PALOMERO o **REVENTADOR** (*Zea mays ssp mays everta*). Es un maíz de grano pequeño con la corona en pico de almidón duro o corneo y escaso almidón suave con pericarpio grueso y de relativa importancia económica por su uso en confitería (rosetas de maíz).



MAÍZ CRISTALINO (*Zea mays ssp mays indurata*). Posee un grano duro con almidón corneo de corona redonda de importancia económica en la alimentación humana y animal



MAÍZ DENTADO (*Zea mays ssp mays dentata*) Es el tipo de maíz de mayor importancia económica ya que es de mayor superficie de siembra a nivel mundial pose un grano con la corona hundida ya que posee un endospermo almidón corneo a los lados y suave en el centro.



con

MAÍZ HARINOSO (*Zea mays ssp mays amylacea*) Tiene un grano con endospermo suave muy susceptible a plagas de almacén y ciertas enfermedades del grano producido por hongos, con corona semi dentada o redonda con almidón suave de fácil molienda (maíces pozoleros)

MAÍZ DULCE (*Zea mays ssp mays saccharata*). Es un grano arrugado con un endospermo vítreo y sabor dulce se cree que son maíces cristalinos, dentados o palomeros que poseen genes recesivos el cual retarda o inhibe la conversión de azúcares almidón. Comercialmente se han obtenido materiales con un contenido más alto de azúcar denominados súper dulces. Los genes recesivos que se han encontrado en los materiales de este tipo de maíces son los *su*, *sh2* y



a

se.

MAÍZ CEROSO (*Zea mays ssp mays cerea*) Es un maíz de grano vítreo con un endospermo ceroso, el almidón contiene altas cantidades de amilopectina útil en la fabricación de gomas, pegamentos o sustitutos de la yuca (*Manihot sp*)



muy

De todos estos tipos de maíces antes mencionados, el maíz **dentado** es de mayor importancia económica ya que la mayoría de la superficie de siembra en el mundo es destinada a maíz de este tipo

RAZAS DE MAÍZ EN MEXICO

En México se manejan alrededor de 64 razas de maíces las cuales se han sembrado y explotado por varias generaciones en las diversas regiones de la república mexicana. Estas razas de maíz se encuentran agrupadas en 7 grupos:

(CONABIO, 2021; <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/razas2012.html>)

GRUPO 1. CONICOS. - Los cuales se caracterizan por tener una mazorca cónica las cuales se distribuyen en regiones elevadas de más de 2 000 msnm sobre todo en el centro de México, como: Arrocillo, Cacahuacintle, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dulce, Elotes Cónicos, Mixteco, Mushito, Mushito de Michoacán, Negrito, Palomero de Jalisco, Palomero Toluqueño y Uruapeño (Sánchez *et al.* 2000)

GRUPO 2 SIERRA DE CHIHUAHUA. - Son maíces de mazorca larga y plantas de porte bajo (140 a 200 m) y precoces. Se cultivan en las tierras altas de Chihuahua, Durango, este de Sonora y norte de Sinaloa, así como el complejo Serrano de Jalisco. Estas son: Apachito, Gordo, Azul, Cristalino de Chihuahua, Serrano de Jalisco y Mountain Yellow

GRUPO 3 OCHO HILERAS. - Este grupo incluye razas cultivadas en elevaciones bajas e intermedias, desde los Valles Centrales de Oaxaca, centro y se concentran en el occidente y se extienden hacia las planicies y cañadas del noroeste de México. Dentro de éste grupo se encuentran las razas Blando de Sonora y Onaveño, Harinosos de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Bofo, Elotes Occidentales, Tablilla de Ocho, Jala, Zamorano amarillo, Ancho y Bolita

GRUPO 4 CHAPALOTE. - Estas razas se caracterizan por tener una mazorca alargada y cilíndrica, se cultivan en las costas desde Sonora a Nayarit en elevaciones de 100 a 500 msnm. En este grupo se incluyen las razas Chapalote (palomero, pinole o ponteduro) Reventador (palomero), Elotero de Sinaloa y Dulcillo del Noroeste (pinole)

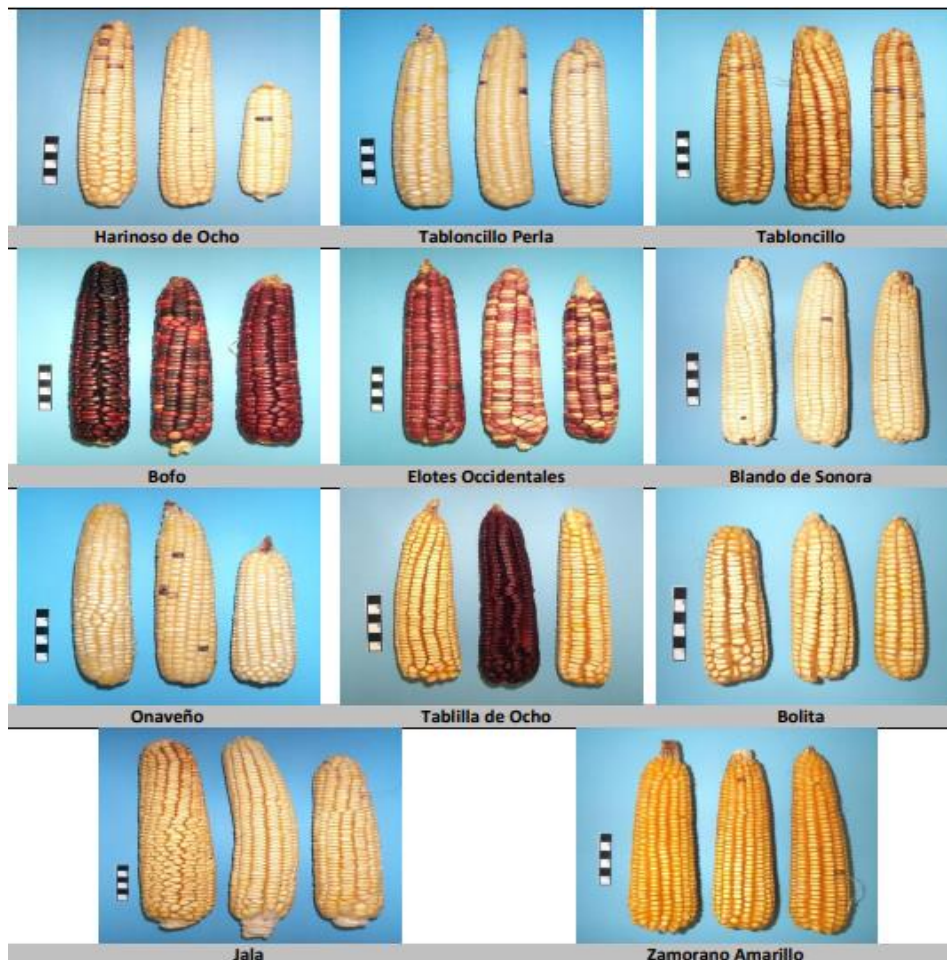
GRUPO 5 TROPICALES PRECOCES. - Estas razas se cultivan en terrenos del trópico seco y semiáridas, en altitudes de 100 a 1300 msnm en las zonas sur, sureste, norte y noreste de México. Son de ciclo corto. En este grupo se encuentran las razas: Nal-Tel, Zapalote Chico, Conejo y Ratón.

GRUPO 6 DENTADOS TROPICALES. - se caracterizan por ser plantas de porte alto (250 a 320 m), de ciclo intermedio a tardío, con mazorcas alargadas y cilíndricas con 12 a 16 hileras por mazorca. Son las de mayor distribución en México y se cultivan en zonas de baja a intermedias altitudes y de trópico húmedo y seco. Estas incluyen a las razas: Tepacintle Choapaneco Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandeño, Celaya, Zapote Grand, Pepitilla, Nal-Tel de altura Chuiquito y Cubano Amarillo.

GRUPO 7 MADURACIÓN TARDÍA. - Son plantas de porte alto (320 a 380 m), de amplia adaptación, tardías (95 a 115 d a floración) con mazorcas largas, con 12 a 14 hileras. Se incluyen las razas: Olotillo, Dzit Bacal, Ootón, Negro de Chimaltenango, Quicheño, Tehua, Comitico, Motozineo, Serrano Mixe, Mixeño, Serrano y Coscomatepec



En Sonora, Ortega-Corona y cols, en 2008, reportan que, en una colecta realizada en 2007 para la actualización de los maíces nativos y su distribución, se encontraron nueve razas: 1.- **Blando de Sonora**, 2.-**Chapalote**, 3.-**Dulcillo**, 4.-**Gordo**, (Gordo Apachito, Gordo Blando de Sonora, Gordo Tabloncillo), 5.-**Onaveño** (Onaveño tabloncillo, O. Vandeño), 6.-**Reventador**, 7.-**Tabloncillo** (T. Onaveño, T. Vandeño T. Perla), 8.-**Tuxpeño**, 9.-**Vandeño** (V. elotero de Sinaloa, V. Onaveño).



RAZAS DE OCCIDENTE DE MÉXICO (maíces de ocho hileras). Este grupo racial, con la excepción de Jala y Zamorano Amarillo, se caracteriza generalmente por tener plantas de 200 a 250 cm de altura, 16-20 hojas por planta, 70-80 días a floración, mazorcas con 8 a 12 hileras de granos, granos 10-12 mm de ancho, mazorcas largas de 18-22 cm, a excepción de Bolita, que miden 14 cm, y 12-18 ramas secundarias en la espiga (Ruiz-Corral *et.al.*, 2013)

MORFOLOGIA DE LA PLANTA DE MAÍZ

El maíz es una planta herbácea, anual, monoica de amplia adaptación, su desarrollo se inicia en el proceso de la germinación del grano. Al germinar el grano, la primera estructura que emerge es la radícula, de la cual al poco tiempo emergen de 2 o 3 raíces en forma lateral, formando lo que dará origen a las **RAÍCES SEMINALES**, al mismo tiempo, durante este proceso, el coleóptilo se inicia y desarrolla a través del crecimiento del mesocotilo hasta alcanzar la superficie del suelo, liberando las primeras hojas verdaderas que se encontraban envueltas en el embrión, al



mismo tiempo que se expanden la segunda y tercer hoja en la base de la plántula, emergen varias raíces en los primeros 7 o 10 nudos del tallo que se encuentran bajo el suelo (figura M8), las que

ramificaran fuertemente y posteriormente darán origen al sistema radicular permanente de la planta de maíz, éstas raíces son conocidas como **RAÍCES CORONARIAS Y/O ADVENTICIAS**, produciéndose así un sistema fibroso de raíces que pueden expandirse tanto en forma horizontal, hasta alcanzar 180 cm y en forma vertical llegando hasta los 200 cm de profundidad, sin embargo, la mayoría de las raíces de absorción se localizan en los primeros 40-60 cm del perfil del suelo, dependiendo de varios factores como la textura, permeabilidad, profundidad, humedad, fertilidad del suelo, temperatura, variedad y sistema de siembra entre otros. Cuando el tallo de la planta se ha desarrollado, pueden aparecer en los primeros nudos sobre la superficie del suelo, un grupo de raíces aéreas conocidas como **adventicias**, cuya función básicamente es la de dar un mejor anclaje a la planta de maíz, lo que se mejora al realizar la labor de aporque a la hilera de plantas.

TALLO. - Posee un tallo erecto sin ramificación (no así en los maíces dulces), de color claro y en ocasiones de color morado, tableado, con alturas que van desde los tipos enanos de 80 cm hasta plantas de más de 3 m de altura. Éste se desarrolla a través del crecimiento del coleóptilo que como se mencionó anteriormente al llegar al suelo se abre y emergen las primeras hojas verdaderas, en esta etapa el punto de crecimiento se encuentra todavía bajo la superficie del suelo, cuando la planta ha desarrollado **la sexta hoja**, el punto de crecimiento y el primordio de la espiga, ya han sobrepasado la superficie del suelo. Los entrenudos comienzan a elongarse rápidamente y la planta



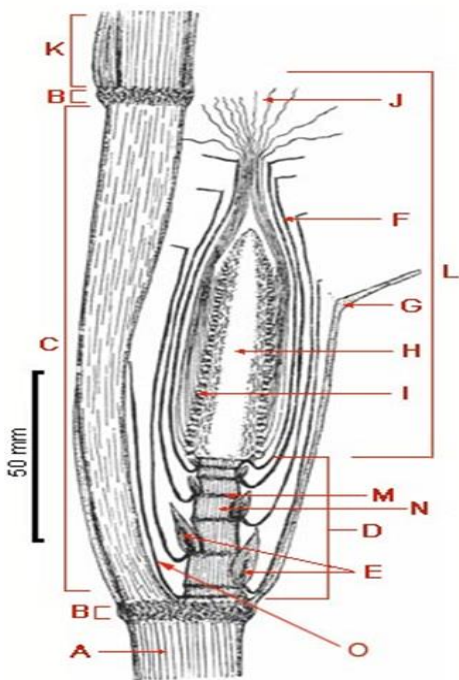
Figura M9.- Planta de maíz mostrando la inflorescencia masculina

puede variar fuertemente en la planta de maíz. Las plantas de maíz tropical, por lo tanto, producen un mayor número de hojas y más grandes que las plantas en las zonas templadas. La variación en el número total de hojas es más afectada por el momento de la iniciación de la espiga que por la variación en la velocidad de iniciación de las hojas (Poething, 1994). Siendo el número total de 8 a 26 nudos y hojas. En la porción axilar de cada nudo se localizan las yemas florales que dependiendo del tallo pueden llegar hasta 10, la que al brotar dará origen a la estructura femenina. En la porción apical del tallo se encuentra la inflorescencia masculina lo que da a la planta su carácter de ser de hábito determinado.

En cada nudo se desarrolla una hoja cuyas características son propias de la familia, en la cual se aprecian una base que envuelve al tallo denominada **vaina**, el punto de unión entre la vaina y la lámina llamada **cuello** en la parte exterior y **lígula** en la porción interna, la cual en algunas gramíneas es de tipo piloso o membranoso, en este punto se localizan las aurículas las que están presentes en la mayoría de los cereales sin embargo en el caso de la hoja de maíz no se encuentran y por último tenemos la **lámina** que es la estructura foliar de mayor tamaño y que se extiende en forma perpendicular al tallo, la hoja es gruesa áspera con una longitud que puede variar desde unos 30 cm hasta 100 cm, de color verde oscuro con una nervadura central en el envés bien definida, sus haces vasculares se encuentran arreglados en círculos dentro del parénquima lo que corresponde a el arreglo característico de las plantas C4.

INFLORESCENCIA FEMENINA

En la base de cada hoja se encuentra una yema axilar la cual al brotar podrá dar origen a una rama lateral que desarrollara varios nudos y entrenudos cortos, en cada nudo aparecerá una hoja con una yema axilar latente formando así un grupo de nudos y entrenudos cortos, en la porción terminal de la rama se inserta la inflorescencia femenina a la cual se le conoce de distintas maneras como mazorca, elote etc., a las hojas que envuelven a la mazorca que pueden ser de 12 a 14 se le conoce como **TOTOMOXTLE**. La inflorescencia viene a ser una espiga con un raquis cilíndrico y grueso donde se insertarán flores unisexuales (femeninas), las flores poseen un estilo largo que sobresale del totomoxtle para poder atrapar los granos de polen y realizar la fecundación del ovulo, que posteriormente formara el fruto o grano en la mazorca. Cuando la inflorescencia femenina se encuentra en **floración**, los estilos son de color claro o amarillo y sobresalen de las brácteas o totomoxtle, los productores la llaman **Muñeca** o **Jilote**, iniciándose así el desarrollo del grano, esta estructura se le conoce cuando es tierno **Elote** y cuando se encuentra maduro le llaman **Mazorca**, pudiendo alcanzar una longitud muy variable como se muestra en la figura M10. Aquí se pueden a



precisar las diferentes estructuras que conforman a la inflorescencia femenina (elote o mazorca). La mazorca puede tener de 200 a 1000 granos los que se encuentran insertados en una estructura cilíndrica a la cual se le denomina **olote**. Las flores (granos) se encuentran arregladas en hileras, el número de hileras en una mazorca es muy variado y puede ir desde unas cuantas hileras a un número alto de hileras por mazorca, siendo lo más común encontrar de 8 a 30 hileras por mazorca, sin embargo, en los híbridos y variedades actuales es común encontrar de 14 a 16 hileras, las hileras siempre aparecerán en pares debido a su origen

Figura M 10.- Estructura esquemática de los componentes de la mazorca y tallo de maíz: **A** Tallo; **B** Nudo del tallo donde se inserta la mazorca; **C**- Entrenudo; **D** Rama lateral de mazorca; **E**. Yemas axilares dormidas de las hojas del totomoxtle; **F** Una hoja del totomoxtle; **G** Hoja que sostiene la rama lateral; **H**- Olote; **I**- Superficie del olote donde se encuentran los granos inmaduros; **J** Estilos **K** Base de la siguiente hoja; **L** Mazorca; **M** Nudo del talluelo de la mazorca; **N** Nudo del talluelo; **O** Profila

INFLORESCENCIA MASCULINA

La inflorescencia masculina la podemos observar en la porción terminal del tallo principal la cual se encuentra formada con varias espigas donde se insertan las flores masculinas y al igual que en las flores femeninas estas se encuentran en pares y que comúnmente se le llama **panoja**, la inflorescencia masculina liberará una gran cantidad de granos de polen para asegurar la fecundación de los óvulos en el cultivo, llegando a producir de 10 hasta 25 millones de granos de polen, hay que recordar que en el caso de maíz existe un gran porcentaje de polinización cruzada lo que hace del maíz una planta típicamente Alógama.

FRUTO

El grano de maíz es en realidad un fruto de 150 a 350 mg de peso por lo que un kilogramo de maíz puede contener de 3 300 a 6 500 semillas, al fruto del maíz, al igual que todas las gramíneas, se le conoce como **CARIOPSIDE**. Está formado por el **pericarpio**, una capa de células que se encuentran soldadas al endospermo a las que se les conoce como capa de **aleuronas**, el **endospermo**, el cual ocupa la mayor porción del grano y que es el tejido de reserva, formado en su mayoría por células con granos de almidón, ya seas suave o vítreo, según el tipo de maíz, como se mencionó anteriormente, además de amilopectinas. El grano de maíz posee una gran variación en cuanto a su forma, tamaño, consistencia y color. Podemos encontrar granos maíz de color: **blanco, amarillo y amarillo-claro**, que son los más comunes, o granos de color **lila, rosa, azul, rojo anaranjado, morado o negros**, según su característica genética. Reyes (1990), menciona que el color del grano está gobernado por 8 pares de genes dependiendo de la estructura a la que corresponda el color, así tenemos que en el caso de grano blanco este posee un pericarpio y aleuronas transparente y un endospermo blanco, los granos amarillos poseen un pericarpio claro y un endospermo amarillo, en este caso el color amarillo del endospermo está controlado por los genes **YYY, YYy, Yyy** que son dominantes y el color blanco por los genes recesivos **yyy**, por esta razón podemos encontrar mazorcas con granos blancos y amarillos en maíz blanco, debido a la influencia del gameto masculino (hay que recordar que el endospermo es un tejido triploide (3n) formado por la fecundación de uno de los núcleos de grano de polen con los dos núcleos polares del ovulo). a esta influencia del gameto masculino en el color del endospermo se le conoce como **XENIA**. (Xenia: puede ser definida como el efecto de los genes del polen sobre el desarrollo de la fruta o las semillas), de tal manera que el efecto del gameto masculino no solamente puede afectar



el color del grano, sino que también tiene un efecto en la consistencia del endospermo ya que este se desarrolla a través de la fusión de uno de los núcleos del polen con los núcleos del ovulo ($3n$), de tal manera que se puede influir en: sí el endospermo es ceroso o no, la capa de aleurona si es transparente o no, si es almidonoso o sucroso etc. (DHAOGTR, 2008). Por otro lado, en el caso del color del pericarpio, este puede ser rojo y estar controlado por el gene **Rr**. En el caso de la capa de aleurona, esta puede ser de color rojo, morado, púrpura y está controlado por los genes **Aa Bb Cc Pp Ii In in**, para que el color se exprese deberá tener los pares A, B y C (Reyes C., 1990).

El embrión está conformado por el Escutelo (cotiledón), el coleoptilo el cual envuelve a las primeras hojas verdaderas y el meristemo apical (plúmula), el mesocotilo, la coleorriza y la radícula, figura M11.

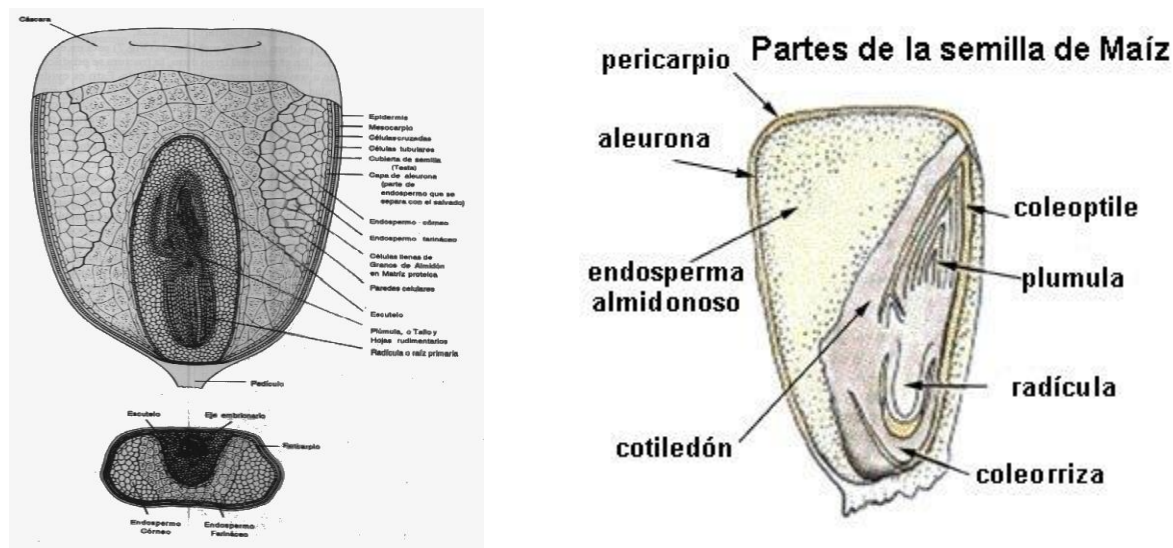


Figura M11.- Estructura de los tejidos del grano y embrión de maíz (<http://www.mejoravegetal.criba.edu.ar/semilla/Germinac/seed%20partes.jpg>)

El maíz es consumido en México principalmente en la elaboración de diferentes platillos a base de la masa que se elabora con el grano. La nixtamalización (del náhuatl; *nixtli*=cenizas y *tamalli*= masa) consiste en la cocción del maíz con **cal**, el cual es reposado durante la noche y con la que se elabora la masa. La nixtamalización favorece la disponibilidad de calcio y de los aminoácidos esenciales. El maíz nixtamalizado proporciona entre 32 a 62% de tiamina, del 19 al 36% de riboflavina y de 39 a 56% de Niacina (CECCAM), sin embargo, el maíz al igual que otros cereales son pobres en el contenido de proteína y en el caso de maíz es deficiente en los

aminoácidos **lisina y triptófano**. En los maíces QPM (Quality Protein Maize) o maíces de alta calidad proteica (opaco-2), el contenido de proteína en el endospermo y triptófano es mayor (<http://ceccam.org/sites/default/files/Cartel%20ma%C3%ADz.pdf>).

CONDICIONES AGROECOLOGICAS

El maíz es clasificado en dos tipos distintos dependiendo de la latitud y del ambiente en el que se cultiva. El maíz cultivado en los ambientes más cálidos, entre la línea ecuatorial y los 30° de latitud sur y los 30° de latitud norte es conocido como **maíz tropical**, mientras que aquel que se cultiva en climas más fríos, más allá de los 34° de latitud sur y norte es llamado **maíz de zona templada**; los maíces subtropicales crecen entre las latitudes de 30° y 34° de ambos hemisferios. Esta es una descripción muy general ya que los maíces tropicales y templados no obedecen a límites regionales o latitudinales rígidos. La gran variabilidad genética en el cultivo del maíz le da la característica de poder ser sembrado en una gran diversidad de condiciones agroecológicas, desde las zonas templadas desérticas hasta las del trópico húmedo. Muchos autores coinciden en que el maíz se siembra desde los 60 grados latitud norte en Canadá hasta los 40° latitud sur en Argentina y en alturas que van desde el nivel del mar hasta los 3 200 metros. Siendo una de las especies de mayor adaptación útiles al hombre (Reyes C., 1990)

TEMPERATURA: Durante el desarrollo del cultivo del maíz se requieren temperaturas diurnas cálidas y noches frescas. Aldrich (1974), menciona que el maíz requiere una temperatura mínima de 12.8°C y una máxima de 40.3°C para su crecimiento, teniéndose un rango óptimo de 26.7 a 29.4 °C. Reyes (1990), menciona que el maíz es altamente susceptible a las altas temperaturas en la etapa de floración, provocando daño tanto a los granos de polen como a los estigmas, reduciéndose así la fecundación y el llenado de la mazorca y que temperaturas menores a 4°C afectan el desarrollo de la planta de maíz en cualquier etapa. Cuando la planta tiene una altura al menos de 10 cm es capaz de resistir temperaturas menores de 0° C, esto se debe a que el punto de crecimiento se encuentra bajo la superficie de suelo por lo que su respuesta depende del grado e intensidad de la temperatura, en el desarrollo del grano la planta se vuelve más sensible a temperaturas extremas tanto bajas como altas.



Cuadro M3.- Temperaturas mínimas, máximas y óptimas en diferentes etapas del cultivo del maíz (tomado de Reyes C., 1990)

ETAPA DEL CULTIVO	Mínima	Máxima	Óptima
Germinación	10°C	40°C	20-25 °C
Crecimiento vegetativo	15 °C	40 °C	20-30 °C
Floración	20 °C	30 °C	21-30°C

Cuadro M4.- Rangos de Temperatura en las diferentes etapas fenológicas de Maíz (tomado de: Sánchez *et.al.*, 2014)

ETAPA FENOLOGICA	MÍNIMA	ÓPTIMA	MÁXIMA
HOJA	7,3	31,1	41,3
CREC. TALLO	10,9	31,1	38,9
CREC. RAÍZ	12,6	26,3	40,1
SIEMBRA A EMER	10,0	29,3	40,2
SIEMBRA A ESPIGA	9,3	28,3	39,2
ANTHESIS	7,7	30,5	37,3
LLENADO DE GRANO	8,0	26,4	36,0

Además, Sánchez (2014) en su revisión menciona que el rango de temperatura en el caso de maíz en forma completa es de una temperatura mínima de 6.2 °C, una temperatura óptima de 30,8°C y una máxima de 40,2 °C



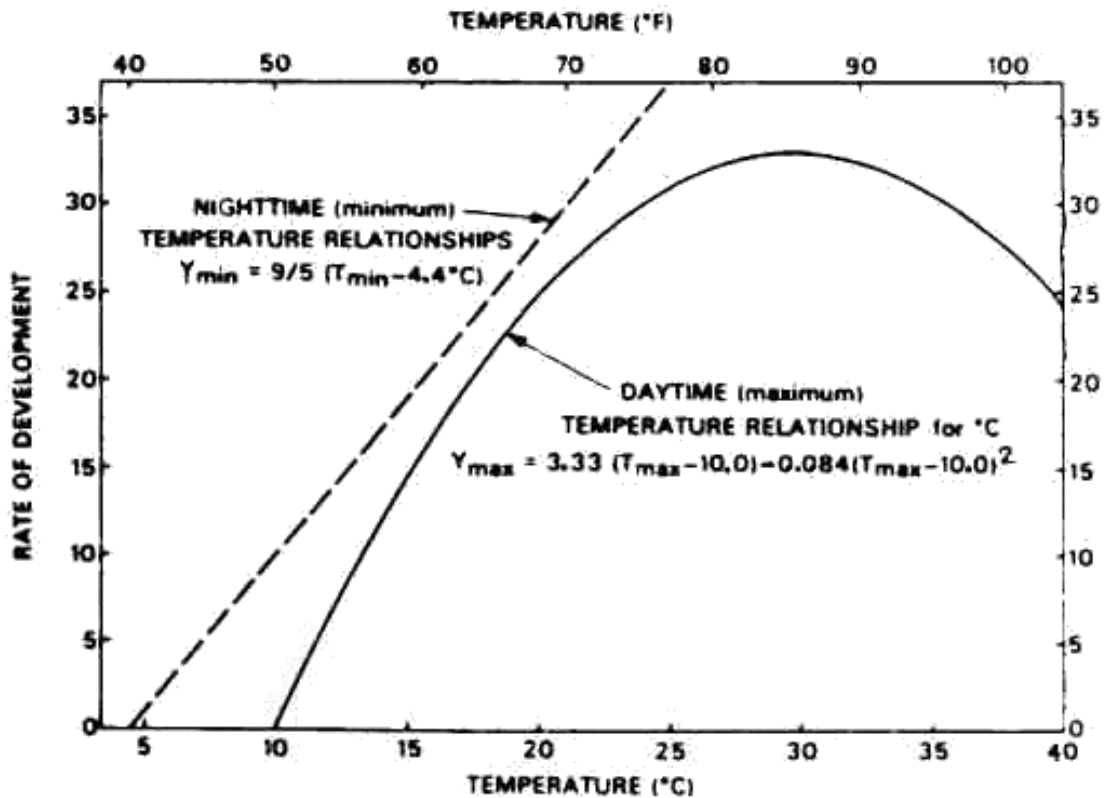


Figura M12.- Relación entre la tasa de crecimiento diario en maíz y la temperatura diurna (máxima) y nocturna (mínima). Tomado de Crop Heat Units for Corn and Other Warm Season Crops in Ontario Agdex #111/31 Publication Date: 10/93

La tasa de crecimiento se ve afectada por la temperatura tanto diurna como nocturna, de tal manera que a temperaturas diurnas menores a los 10 °C su tasa de crecimiento es nula incrementándose conforme la temperatura aumenta hasta llegar a los 30 a 32 °C, en este rango de temperatura la planta de maíz posee su mayor tasa de crecimiento y decrece a temperaturas mayores, en cambio en la noche la mayor tasa de crecimiento se presenta a los 25 °C disminuyendo a temperaturas menores siendo nula en temperaturas cercanas a los 5 °C, como se aprecia en la figura M12

En un trabajo desarrollado por Monjardino y colaboradores en 2005, en cámaras de crecimiento en plantas de maíz en etapa de floración, se sometieron a una condición de alta temperatura durante dos y cuatro días (Day Heat Stress, DHS) en floración y un testigo. En este trabajo se observó un decremento sustancial en el peso del endospermo cuando se mantuvo una condición de estrés durante 4 días resultando con una reducción hasta del 60 % con respecto al testigo, siendo menor cuando la condición solo duró dos días, tanto bajo cámaras de crecimiento

como en campo. Así mismo se encontró una reducción similar en cuanto al peso del embrión en cámaras de crecimiento el cual presentó una reducción mas notable en el tratamiento de 4 d con una reducción de aproximadamente del 50% en cambio en el tratamiento de 2d fué un poco menor, sin embargo bajo condiciones de campo la respuesta fué un poco menor. (Monjardino *et al.*, 2005), como se puede apreciar en la figura M13,

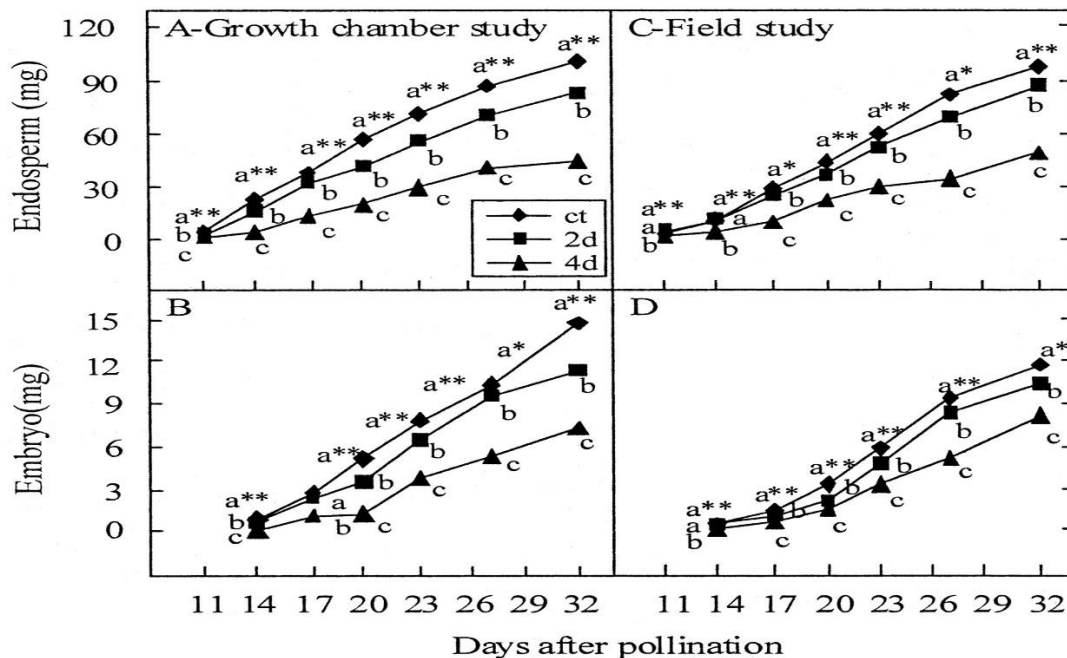


Figura M 13.- Efecto de a condición de estrés de calor durante 2 días (2d), 4 días (4d) y normal (ct) en la etapa floración en el peso del endospermo y embrión del grano de maíz, en cámaras de crecimiento A y B y en campo, C y D (P. Monjardino, A. G. Smith and R. J. Jones, 2005. *Crop. Sci.* 45(4):1203–1210)

En el caso de manejo en el sistema de producción de maíz bajo monitoreo térmico determinando y registrando las unidades calor, tanto para su manejo agronómico como para el manejo de plagas en el cultivo. Se menciona que el umbral de temperatura en el caso de maíz es de 10 °C (50°F), sin embargo, Ruiz y cols, 2013 mencionan que la temperatura base (Tb) en las distintas razas de maíz en México fluctúan de 2 a 10 °C. Por lo que para calcular los grados-día o unidades calor hay que tomar en cuenta la temperatura media diaria y restarle la temperatura base y así podemos calcular los grado-día acumulados O UNIDADES CALOR, de esta manera se dice que el maíz requiere un periodo mínimo libre de heladas de 120 a 180 días y una acumulación de calor entre 2 600 a 3 200 GDU's (°F) para su maduración (Kansas State University Pub.C-5604, 1994).

La universidad de Purdue sugiere el uso de la modificación en el cálculo de Grados-Día del propuesto por la NOAA en 1969:

$$[GDU = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - 50 \text{ } ^\circ F],$$

donde establecen que el cálculo deberá hacerse dentro del rango de 50 a 86 °F, esto es que si la temperatura máxima es superior a los 86 °F en el cálculo se deberá tomar la $T_{max}= 86$ y en el caso de que la temperatura mínima se inferior a los 50 °F se deberá considerar la $T_{min}= 50$ °F

HUMEDAD: La mayor proporción en la superficie de siembra de maíz es bajo temporal y en una pequeña proporción bajo riego por lo que la cantidad de lluvia que se presenta en las zonas productoras de maíz juegan un papel muy importante en la producción final ya sea por la lluvia que surte al plantío o para que se carguen presas y ríos que surten de agua en el riego del cultivo. Además de la cantidad de agua es muy importante también su distribución ya sea tanto de lluvia como de riego. La cantidad de agua necesaria en la evapotranspiración en el cultivo del maíz varía de 400 a 800 *mm*. La mayoría de los investigadores y autores coinciden en que una deficiencia de agua durante la etapa de floración e inicio de llenado de grano es mucho más perjudicial en el rendimiento del grano que en cualquier otra etapa de cultivo. Las áreas donde se pueden lograr buenas cosechas deben disponer de una precipitación pluvial bien distribuida y que acumulen más de 800 mm entre los meses de mayo a noviembre (Reyes C., 1990) La plata de maíz para producir un kilogramo de grano necesita absorber 1 104 litros por lo que para obtener una producción de 8 a 10 toneladas por hectárea se requiere aplicar una lámina de riego de 80 a 100 cm lo que hace poco redituable su producción en ciertas áreas del país donde el costo del agua es bastante elevado.

FOTOPERIODO

La planta de maíz es considerada como una planta con un fotoperiodo cuantitativo corto, pero algunas variedades sensibles o no a los días cortos. Aquellas variedades que son sensibles al fotoperiodo (normalmente son de madurez tardía) su floración puede ser retardada cuando el fotoperiodo es mayor que los valores críticos de 10 a 13.5 h. Esta adaptación a los trópicos puede mostrarse cuando estas variedades son cultivadas en regiones templadas con días más largos (Birch et.al., 2003, citado por DHAOGTR, 2008).



SUELO: La planta de maíz se puede desarrollar en una gran variedad de tipos de suelo desde los pedregosos en las pendientes de lomeríos a los suelos de aluvión profundo en las áreas costeras, sin embargo, el maíz prefiere para una óptima producción de suelos profundos permeables con *pH* ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos sin problemas de sales y alta fertilidad con alto contenido de materia orgánica, nitrógeno fósforo, potasio y elementos menores suelos con buena aireación y drenaje. El maíz es considerado como un cultivo sensible a la salinidad ya que una C.E. mayor de 2.5 *dS* su rendimiento se reduce en un 10% y en suelos con *pH* altos muestra deficiencia de elementos menores como Zn y Fe

Cuadro M4. - Clasificación de la salinidad de los suelos en base a su Conductibilidad eléctrica, *pH* y Sodicidad

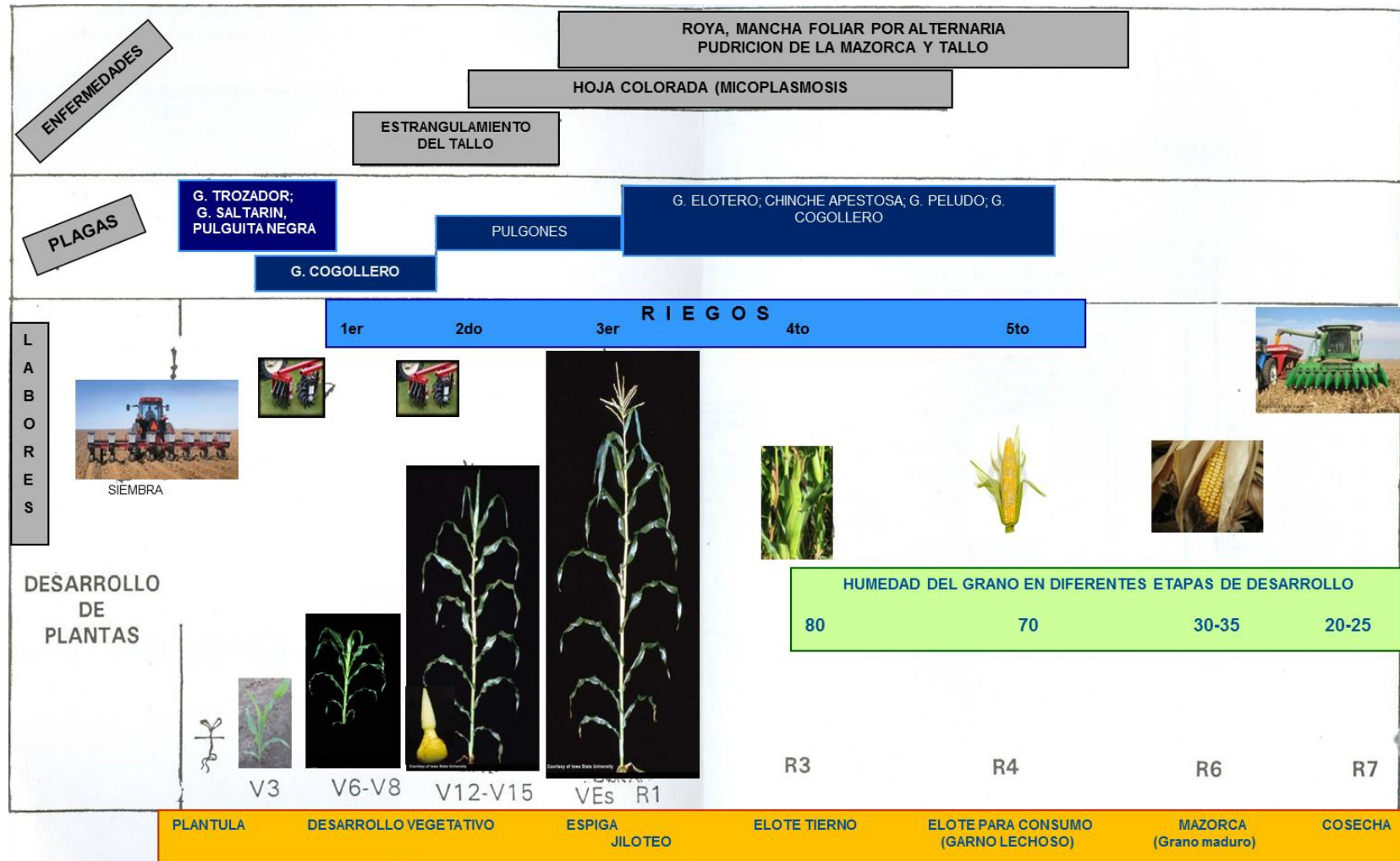
CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS SALINOS				
Clases de Suelos				
Parámetros	Salino	Normal	Sódico	Salino-Sódico
<i>pH</i>	< 8.5	< 8.5	> 8.5	> 8.5
C.E. (<i>dS/m</i>)	> 4	< 4	< 4	> 4
P.S.I. (%)	< 15	< 15	> 15	> 15

P.S.I. Porcentaje de Na intercambiable

Cuadro M5.- Clasificación de la salinidad de los suelos, de acuerdo a la respuesta de los cultivos

Tipo de Suelo	Salinidad	C.E. (<i>dS/m</i>)	Efectos
Normales	Muy ligera	0-2	Casi nulos
	Ligera	2-4	Puede afectar a cultivos sensibles
	Media	4-8	La mayoría de los cultivos son afectados
Salinos	Fuerte	8-16	Solo pueden prosperar cultivos tolerantes
	Muy Fuerte	> 16	Solo se desarrollan cultivos muy tolerantes





ADAPTADO DE INIFAP-CIFAPSON

FENOLOGIA DEL CULTIVO DEL MAIZ

Figura M14.- Etapas fenológicas del cultivo de maíz en el noroeste de México (adaptado de INIFAP-CIFAPSON, 2002)



En la mayoría de las zonas productoras de maíz en México se tienen bien definidas las diferentes etapas fenológicas del cultivo en base a las condiciones que guarda cada estado o región, sus variedades o híbridos utilizados, así como su fecha óptima de siembra. Estas etapas en la mayoría de los casos están desarrolladas en base a las características de crecimiento y desarrollo de la planta en relación a los días que han transcurrido para llegar a esa etapa. Uno de los grandes inconvenientes de este sistema es que al variar la fecha de siembra, variedad o sistema de siembra el periodo que se maneja muchas veces no encaja con el desarrollo del cultivo en el campo, creando cierta confusión sobre todo cuando se hace referencia en trabajos de investigación. El desarrollo de nuevos sistemas fenológicos fueron desarrollados para poder establecer en forma bien definida y con cierta precisión el desarrollo fenológico del maíz y su relación con la temperatura a través de las unidades calor como se puede apreciar en la figura M15 donde se relaciona la acumulación de grados día y el desarrollo de las hojas en maíz o etapa vegetativa, así observamos que para llegar a la etapa V_{10} se necesita acumular un total de 800 $GD'S_{50}$ (con una temperatura base de 50 °F)

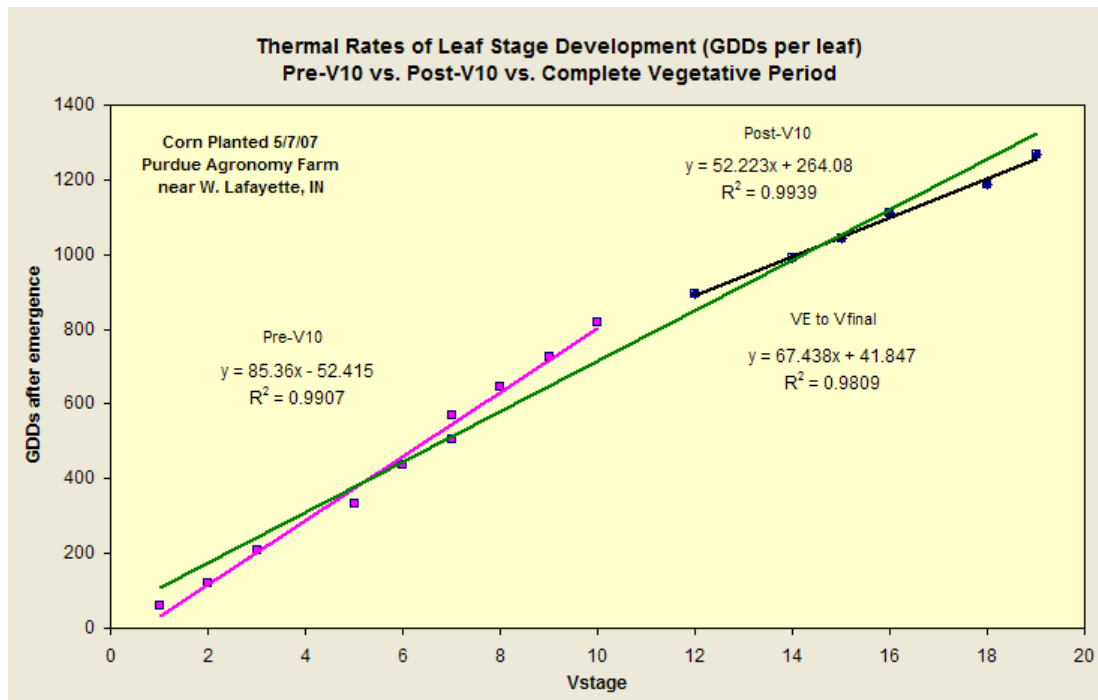


Figura M15. Ejemplo de la respuesta lineal en la tasa térmica de la emergencia del cuello en el desarrollo foliar antes y después de la etapa fenológica V_{10} en un híbrido adaptado en el Campo Agrícola de Purdue sembrado en mayo 7 del 2007 (Use Thermal Time to Predict Leaf Stage Development in Corn, R. L. Nielsen <http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/vstageprediction.html>, 2012)

El crecimiento vegetativo de la planta de maíz se inicia con el desarrollo de la radícula y la plúmula en el proceso de germinación de la semilla, posteriormente el coleóptilo emerge a la superficie del suelo liberando la primer hoja verdadera (V_E emergencia) la cual al alargarse deja ver su cuello iniciándose así la etapa vegetativa la que se abrevia con la letra V_n donde el subíndice “n” determinara el número de hojas expandidas en el momento que se observe el cuello o lígula de la hoja) apareciendo la cuarta, quinta y sexta hoja (V_6), en esta etapa y cuando aparece la octava hoja (V_8) es cuando se lleva a cabo la diferenciación floral en el meristemo del tallo, o sea se inicia el desarrollo de las inflorescencias o panoja. Cuando la planta sigue desarrollándose y aparece la doceava y/quinceava hoja (V_{12} - V_{15}) se puede apreciar el crecimiento de la yema axilar que dará origen al jilote y donde ya se ha completado el desarrollo de los óvulos en el jilote, es en esta etapa es donde se define el tamaño de la mazorca y el número de granos por mazorca. En las etapas de V_1 a V_{10} se requieren alrededor de 85 GD’s por cada hoja, requiriéndose aproximadamente 50 GD’s por cada hoja desplegada entre las etapas de V_{10} en adelante (Kansas State University, 2007). El número de hojas que se desarrollan en una planta dependen de la genética y fecha de siembra, al



final del crecimiento vegetativo se desarrolla la última hoja y emerge la panoja o inflorescencia masculina, a esta etapa se le conoce como **espigamiento** y se determina

como el fin de la etapa vegetativa y se lleva a cabo el inicio de la etapa reproductiva, representada con la letra V_T (*tassel*), esto es cuando emerge la panoja inflorescencia masculina) en la parte apical

del tallo de maíz,

posteriormente la planta sigue desarrollándose



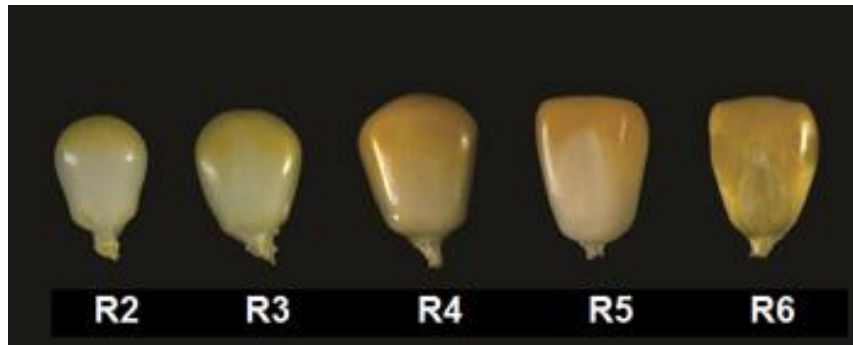
y en unos cuantos días más (5 o 6) aparece en la base de una hoja la primer inflorescencia femenina conocida como **jilote** o **muñeca**, en esta inflorescencia se pueden apreciar en porción apical una serie de vellosidades que corresponden a los estigmas, los estigmas emergen de las espatas durante un periodo de 3 a 5 días, iniciando con los estigmas

de la parte baja de la mazorca hacia la punta. Los estigmas son de color claro o amarillo verdoso, conocidos como pelos de elote (*silk*), iniciándose así la floración (R_1), se menciona que un mínimo

de 5 granos de polen debe caer en cada estigma para poder garantizar la fecundación del ovulo en la mazorca, cuando el ovulo es fecundado el estigma se deseca se torna de color oscuro y desprende. Los estigmas permanecen receptivos durante aproximadamente 10 días, posteriormente 10 a 12 días después se inicia el desarrollo del grano del elote en donde se puede apreciar en el elote un pequeño grano de forma globosa y alto contenido de agua al que se le conoce como **etapa de ampolla o R₂**, el grano sigue creciendo alcanzando un mayor volumen y forma diferente pero con un contenido acuoso de color blanquecino al que se le conoce como grano **semi lechoso o R₃** el cual se presenta aproximadamente a los 18 o 22 días después del jiloteo o muñequero, el grano continua creciendo hasta alcanzar su máximo tamaño y forma característica del grano de maíz, el grano continua desarrollándose sin embargo en la parte interna se aprecia una sustancia de consistencia lechosa y sólida en la base, en esta etapa es cuando se dice que el maíz está listo para elotearlo o sea cosecharse para consumo en fresco y se determina como **grano lechoso (R₄)** lo que ocurre entre los 24 y 28 días después de jiloteo, después el grano empieza a cambiar y solidificarse su endospermo debido a la acumulación de almidón llegando a la etapa de grano **masoso-lechoso** el grano ha alcanzado el 50% de su peso final y su contenido de humedad es de alrededor del 70 % cualquier condición de estrés en esta etapa repercutirá directamente en el peso del grano, faltándole en cuanto a la acumulación de calor o GDD solo 650 para llegar a la madurez. En cuanto al olote este empieza a experimentar un cambio de color, apareciendo una coloración en ocasiones, rojiza o rosada en la base de los grano, nos encontramos en la etapa **R₅** que inicia a los 35 o 42 días después del jiloteo, esta etapa se caracteriza por que empieza hundirse la porción apical del grano en los maíces dentados, dándole la apariencia dentada característica, en esta etapa el contenido de humedad en el grano es del 55 % y se empieza a observar una línea en la parte inferior de la corona del grano que divide la zona lechosa y masosa del grano, el totomoxtle empieza a secarse y al final de esta etapa (aproximadamente a los 56 días de jiloteo) se puede observar el totomoxtle deshidratado y la línea rosa es completamente visible en el olote. La etapa **R₆** se presenta en el grano de maíz cuando ha alcanzado su **madurez fisiológica**, la cual ocurre aproximadamente a los 56 o 65 días después de anthesis o jiloteo, aquí el grano ha llegado a su máximo tamaño y peso, el totomoxtle se encuentra seco y el grano tiene aproximadamente un 30% de humedad pudiendo variar de 25 a 40 %, la línea negra es completamente visible. La etapa **R₇** es considerada como la etapa de **madurez mecánica** o sea que el grano se encuentra listo para ser cosechado el grano está completamente desarrollado y solo requiere perder humedad, la humedad del grano deberá ser de 14 a 25 %, si el grano esta húmedo habrá necesidad de secarlo y si está demasiado seco puede quebrarse. (tomado de Grain Fill



Stages in Corn del Purdue University Department of Agronomy. (
<http://www.kingcorn.org/news/timeless/GrainFill.html>)



Etapas fenológicas en el desarrollo del grano

<https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/staging-corn-growth/>

En la aplicación del SIAFESON de estaciones remotas (REMAS), se pueden obtener las acumulaciones de UNIDADES CALOR en cualquiera de las estaciones meteorológicas de la red, en esta aplicación se considera la acumulación de UC para cada una de las etapas fenológicas contempladas, de la siguiente manera:

ETAPA FENOLOGICA	ABR	U.C.
EMERGENCIA	VE	120
CARTA HIOJA	V4	328
OCTAVA HOJA	V8	520
DOCEAVA HOJA	V12	575
PANOJA	VT	803
JILOTEO	R2	984
G. ACUOSO	R3	1121
G. LECHOSO	R4.7	1254
MADUREZ FIS	R6	1468

<https://www.siafeson.com/remas/>

FECHA DE SIEMBRA

En México el cultivo de maíz se siembra básicamente en dos épocas de siembra: la de **primavera verano**, la cual es la de mayor superficie y producción, pero de bajo rendimiento ya que la mayoría es de temporal. Y la siembra de **otoño –invierno** la cual es de menor superficie, pero de mayor rendimiento ya que la mayoría de esta siembra se realiza bajo riego. El maíz se desarrolla y produce en condiciones de temperaturas cálidas en el día y frescas en la noche como se ha mencionado anteriormente, por lo que su desarrollo responde básicamente a el efecto de la temperatura y no por el fotoperiodo, esto permite que la fecha de siembra de maíz en el noroeste puede ser en tres épocas: Primavera-verano, verano y otoño--invierno. En el caso de la siembra en primavera o siembras tempranas, esta se debe hacer tomando en cuenta la temperatura del suelo donde la germinación y la emergencia pueden darse, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 5 cm permanezca de 12 °C por tres días consecutivos (J. Ross, G. Huitink y P. Tacker, Corn Production Handbook. University of Arkansas MP-437) http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/MP437/chap2.pdf)

Máximos rendimiento de grano en maíz se obtienen en siembras de maíz que tienen un mayor periodo de desarrollo en la ausencia de cualquier condición de estrés ya sea de calor o humedad (R.W. Heiniger et. al., North Caroline State.

<http://www.ces.ncsu.edu/plymouth/cropsci/cornguide/>)

El rendimiento de los híbridos es afectado por factores de manejo, entre los que destaca la fecha de siembra.

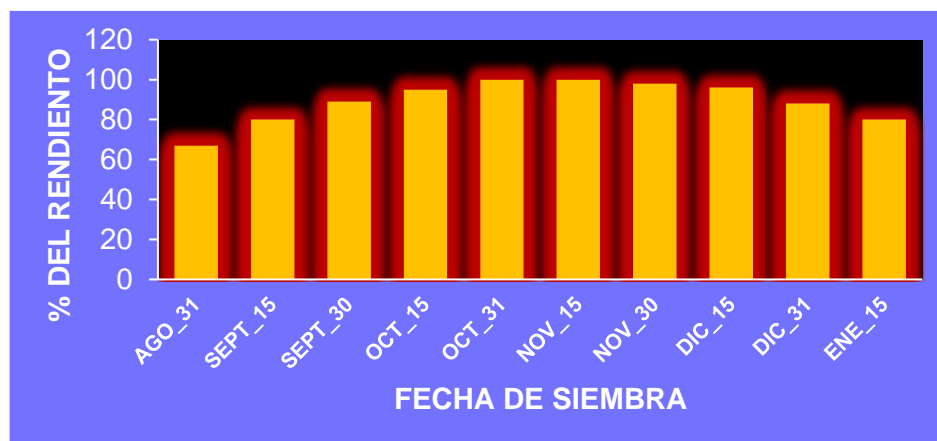


Figura M17.-Comportamiento del rendimiento en diferentes fechas de siembra en el norte de Sinaloa (www.fps.org.mx, 2010)

En el norte de Sinaloa, en los valles del Fuerte y Carrizo, la siembra se realiza en dos épocas: otoño-invierno y primavera-verano; siendo más productivas las siembras en el ciclo **O-I**, con fechas de siembra de **septiembre a diciembre**, con máximos rendimientos en fechas de **octubre y noviembre**. Generalmente las siembras de septiembre se destinan a la comercialización en fresco (en elote). Las siembras tardías (de diciembre) pueden ser afectadas por bajas temperaturas y el ataque de roya; siendo el valle del Carrizo el caso más crítico. En las siembras de primavera-verano, los rendimientos son menores en **30 a 35%** con respecto al ciclo de otoño-invierno; las altas temperaturas ocasionan la deshidratación de polen y la formación de granos vanos, pero su efecto se puede disminuir si se usan híbridos adaptados y un buen manejo del agua de riego. En los valles del Fuerte y Carrizo para la siembra de P-V se sugiere establecer el cultivo durante los meses de **febrero y marzo** (INIFAP-CIRNO-CAVF, 2003). En la zona centro del estado de Sinaloa, la fecha de siembra recomendable es del **15 de noviembre al 10 de diciembre**. Las siembras tempranas (del 1 al 10 de noviembre) tienen mayor problema con la incidencia de gusano cogollero y las siembras tardías (posteriores al 15 de diciembre) presentan mayores problemas de roya o chahuistle y de mosca pinta o del estigma (Meza Ponce, R, J. R. Angulo Santos, Fundación Produce Sinaloa CVTTS).

En el estado de Sonora la siembra de maíz de primavera-verano es del **18 de febrero al 30 de marzo**. En la Costa de Hermosillo se recomienda que la siembra se haga antes del 28 de febrero para evitar las altas temperaturas que se presentan en floración en forma temprana y que producen fallas en la fecundación y llenado de la mazorca, en el sur del estado es más recomendable las siembras en el mes de marzo (INIFAP-CIFAPSON-CEVY, 1989). En siembras de verano la siembra puede realizarse de **mayo a junio** esto se ha logrado con materiales un poco más tolerantes al calor como el híbrido **H-431** y **Ceres-Verano XR** que han tenido una buena respuesta, sin embargo, Cota y cols en 2013, establecen como la fecha óptima en verano, **del 15 de junio a la 15 de julio**, con un ciclo de crecimiento de 4 y 5 meses respectivamente. En las siembras de Otoño-Invierno se recomienda establecerse en forma general **del 10 de agosto al 10 de octubre**, siembras de **10 agosto al 15 septiembre** son apropiadas en la producción de elote pero en ocasiones pueden retrasarse debido a las lluvias siendo mejor las siembras del **15 septiembre al 31 de octubre** sin embargo el desarrollo de la planta se retarda haciendo que el ciclo del cultivo se alargue (pasando de cinco meses a siete meses, haciendo a la siembra más susceptible a daños por heladas (Cota A.,



Ortega C. y cols, 2013), en siembras tardías es recomendable la utilización de híbridos y variedades precoces e iniciar la siembra con híbridos tardíos. Los cambios en la fecha de siembra de maíz en el sur de Sonora obedecen a que los productores han obtenido rendimientos de 3 a 4 toneladas más elevados en siembras de octubre que en siembras de agosto (INIFAP-CIFAPSON *Pub.18*, 2011), sin embargo, este tipo de siembra tienen más riesgo de ser dañadas por las bajas temperaturas sobre todo después del 10 de octubre, además los días a muñequero se incrementan alargándose el ciclo a más de 200 días como se puede apreciar en la figura M18.

En Baja California norte la siembra de maíz se realiza básicamente en dos épocas, las siembras de primavera y las siembras de verano se recomienda sembrar durante todo el mes de julio (Ávila-Casillas, 2015)

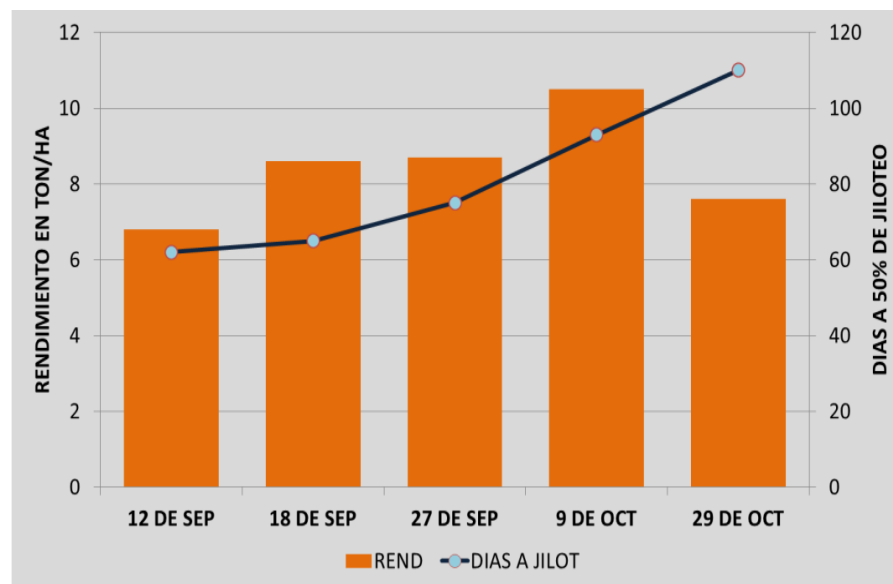


Figura M18.- Comportamiento del rendimiento y días a muñequero en siembras de maíz de otoño-invierno en el sur del estado de Sonora (INIFAP, 2003)

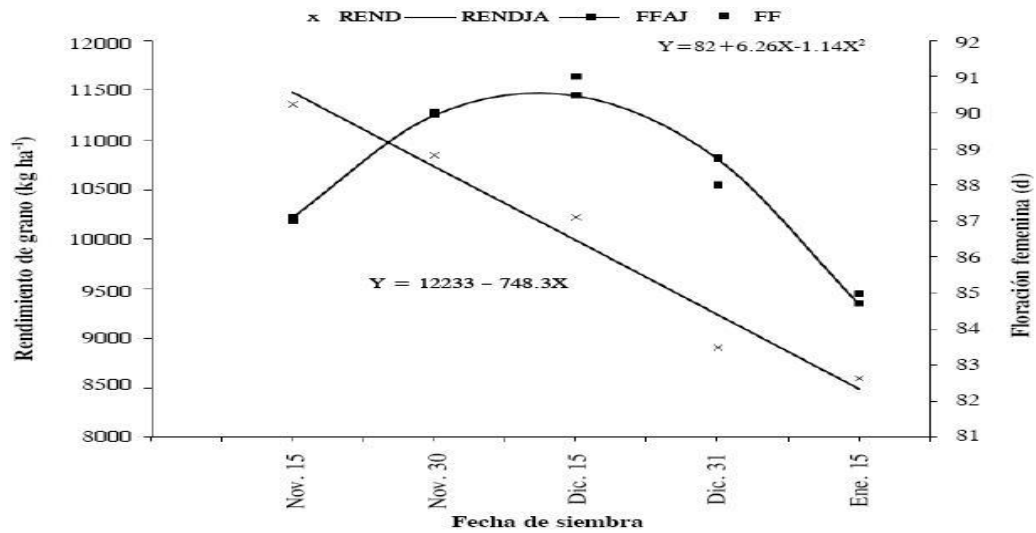


Figura M19.- Rendimiento y Floración femenina en función de la fecha de siembra promedio de ocho híbridos en el valle de Culiacán. REND= Rendimiento sin ajustar; RENDJA= Rendimiento ajustado ($Y=82+6.26X- 1.14X^2$); FF= Días a floración femenina; FFAJ= Días a floración femenina ajustada ($Y=12233-748.3X$). (Ramírez *et al.*, 2010)

En el valle del Fuerte la fecha óptima de siembra para la producción de grano es del 25 de octubre al 30 de noviembre, en cambio para el valle de Culiacán la fecha óptima de siembra es del 15 de noviembre al 31 de diciembre, siembras de enero son menos propensas a daño por frío, sin embargo, el rendimiento se reduce en un 10 o 20 % (Macías-Cervantes *et al.*, 2017)

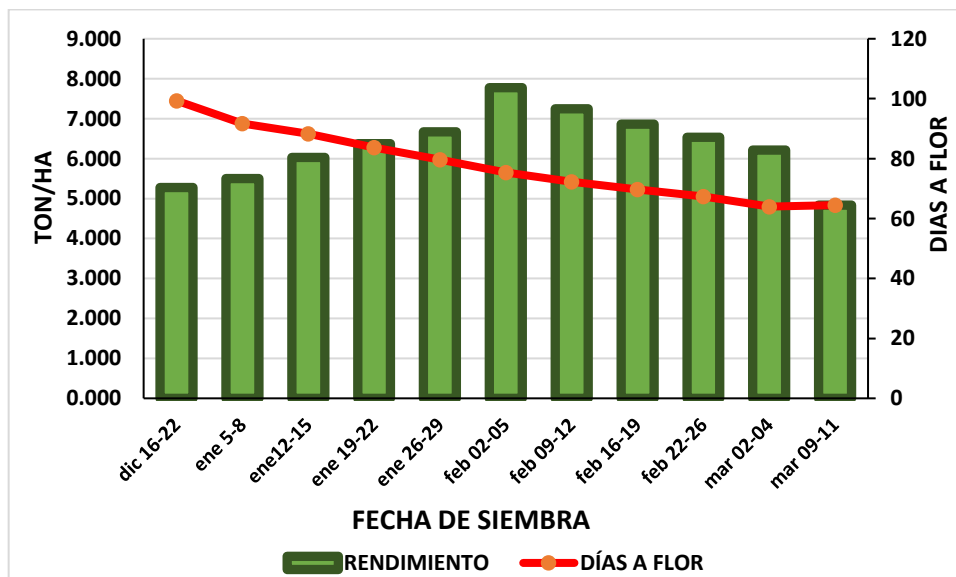


Figura M 20.- Efecto de la fecha de siembra de otoño-invierno en el rendimiento promedio y días a floración en tres ciclos agrícolas en la región Rio Bravo, Tamaulipas. Adaptado de (Cantú-Almaguer *et al.*, 2010).



La fecha de siembra tiene un efecto muy marcado tanto en el rendimiento como en los días a floración y jiloteo, sobre todo en las siembras de otoño invierno, como puede apreciarse en las figuras M18. Aquí podemos observar que cuando la siembra va de calor a frío (verano a otoño) en el caso del valle del yaqui, el rendimiento se va incrementando conforme avanza la fecha de siembra, lo mismo podemos ver en el caso en los días a jiloteo, en donde al avanzar la fecha de siembra los días a la aparición de la muñeca aumenta. Sin embargo, en el caso de las siembras de O-I en el estado de Tamaulipas (figura M20), cuando van de frío a calor (diciembre-marzo) el efecto es un poco distinto, ya que conforme avanza la siembra el rendimiento se va incrementando y posteriormente cae al final y los días floración se van a cortando conforme avanza la siembra a condiciones de mayor temperatura. En cuanto a los días a emergencia ocurre todo lo contrario en ambas regiones, esto es: cuando va de calor a frío los días a emergencia aumentan y cuando va de frío a calor se reducen (Cantú-Almaguer *et al.*, 2010).

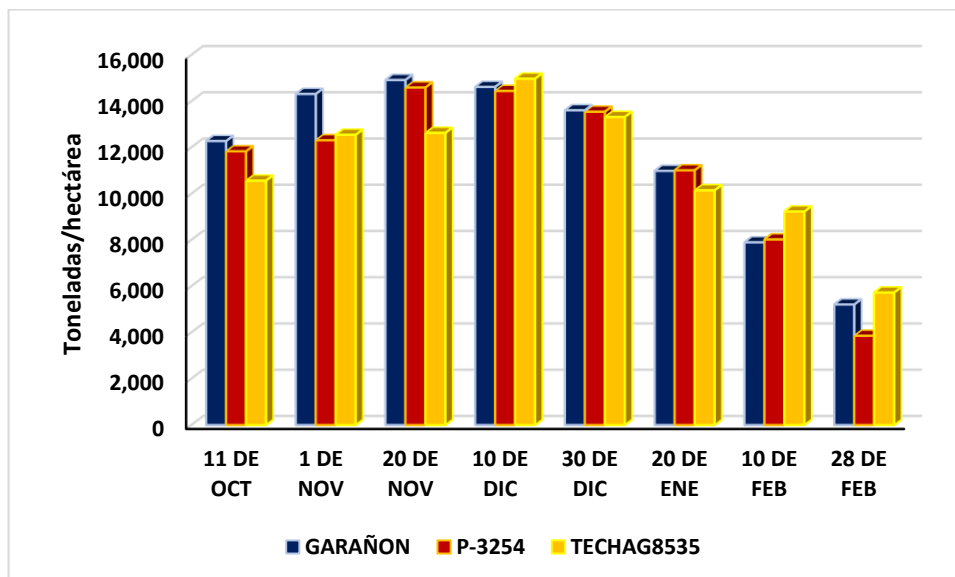


Figura M21. – Evaluación de nueve fechas de siembra en tres híbridos de maíz en el valle de Culiacán (Pérez-Márquez, 2012)

HIBRIDOS Y VARIEDADES

En los EE.UU. la producción de maíz en la segunda mitad del siglo XIX se basaba única y exclusivamente con variedades de polinización libre, posteriormente a partir de los años de 1935 se comienza a introducir nuevos materiales HIBRIDOS, producto de la cruce de cuatro progenitores (híbridos dobles), lográndose obtener una mayor uniformidad en el cultivo y un incremento en el rendimiento, ya que en los periodos anteriores los rendimientos oscilaban alrededor de los 1,600 kg/ha, llegándose a obtener un rendimiento promedio de 3,000 kg/ha en 1960, posteriormente a finales de los 60's aparecen los híbridos simples los cuales superaron las expectativas del rendimiento llegando a quintuplicar el rendimiento de las variedades de polinización libre. A partir de inicios de los 90's (1996) en el cinturón del maíz, en los EE. UU, se empieza a utilizar materiales de maíz genéticamente modificados. (GM) desplazando en forma paulatina a los híbridos convencionales teniéndose un mayor aumento en el rendimiento de maíz llegándose a obtener hasta 9,6 ton/ha (Troyer A.F., 2009), llegándose a cubrir hasta un 90% de la superficie en el 2015 con materiales transgénicos (CIBIOGEN, 2015). En México se siembran una gran cantidad de materiales genéticos, que van desde variedades criollas para el autoconsumo en sistemas de producción tradicionales en el centro y sur del país, que son el resultado de una constante selección de maíces a través de varias generaciones de productores, también se utilizan materiales que se han desarrollado en los diferentes centros de mejoramiento en México como el CIMMYT, INIFAP y las Universidades e Institutos Tecnológicos los que han desarrollado tanto, Variedades Sintéticas de polinización abierta, así como Híbridos. En los últimos años también se han estado introduciendo una gran cantidad de materiales provenientes de compañías productoras de semilla tanto nacionales como extranjeras, esto ha generado que se tenga un extenso stock de materiales para su siembra que son utilizados sobre todo en los sistemas de producción altamente tecnificados y de grandes extensiones de siembra como en los estados de Sinaloa Hidalgo, Coahuila, Sonora etc.



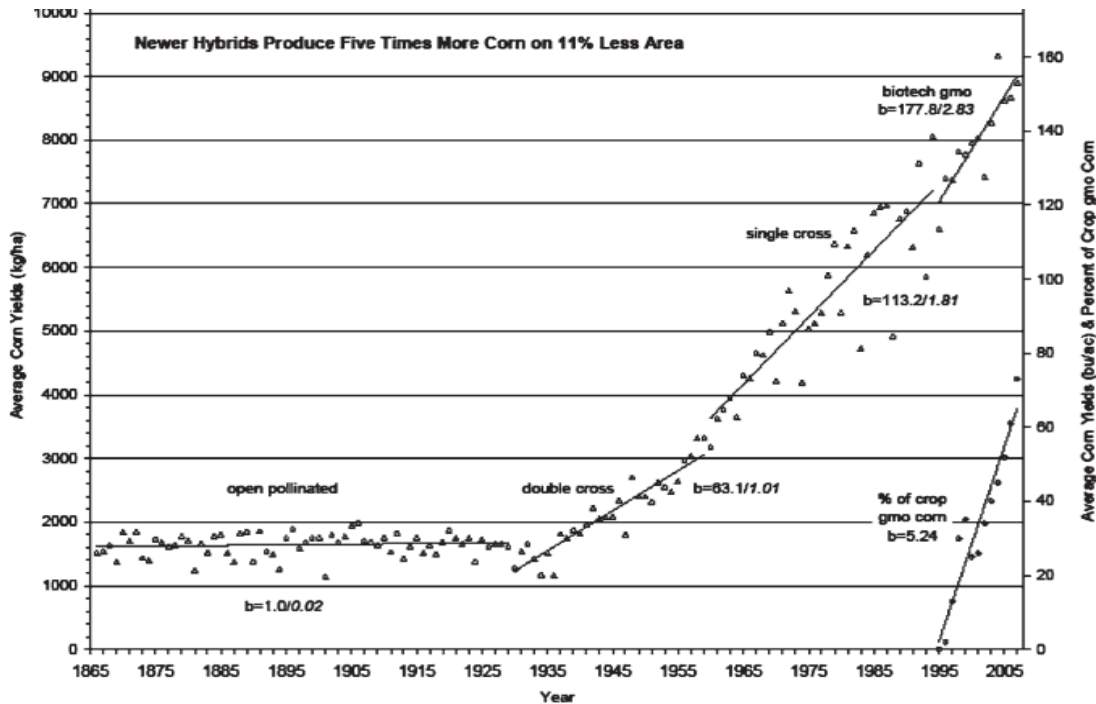


Figura M 21.- Promedio del rendimiento de maíz y Tipos de Maíces en Los EE.UU., en el periodo de la guerra civil hasta 2007; Periodos dominados por variedades de polinización libre, Híbridos de cuatro progenitores, dos progenitores e Híbridos Genéticamente Modificados. El valor de la regresión (b) muestra la ganancia por año del rendimiento (kg/ha). Datos compilados por E. Wellin y F Troyer y presentados por Troyer A.F., 2009

La heterosis (Vigor Híbrido) es el fenómeno en virtud del cual la cruce entre dos razas, dos variedades, o líneas etc. producen (F1) un individuo (híbrido) que es superior en: Tamaño, Rendimiento y Vigor general al que presentan en promedio de los progenitores o el progenitor más vigoroso. La heterosis ha sido un fenómeno que se ha venido explotando en la creación de nuevos materiales genéticos en maíz, siendo un recurso importante en la creación de nuevos híbridos de maíz para la mayoría de las zonas productoras en el mundo.

En la mayoría de los países desarrollados se utilizan híbridos de maíz. Los primeros híbridos de maíz fueron desarrollados a principios del siglo XX en EE. UU., siendo los híbridos dobles [(AxB) x (CxD)] y triples [(AxB)xC] los que más se utilizaban, sin embargo, en la actualidad se ha generalizado la utilización de híbridos simples (AxB). Dentro de los criterios que actualmente son utilizados en formación de estos materiales podemos mencionar primeramente el Rendimiento, su estabilidad y el corto tiempo en la permanencia de los híbridos en el mercado



(menos de 10 años) esto es debido a que son remplazados por nuevos híbridos con mayor potencial de rendimiento. Otros criterios que se han tomado en cuenta en la formación de híbridos de maíz es el incremento de almidón, contenido de proteína, reducción del tamaño de la panoja, reducción de la esterilidad de plantas en altas densidades y la reducción de la senescencia de las hojas en la etapa de llenado de grano (Duvick & Cassman, 1999.citado por Office of the Gene Tech.Regulator Australian Gov. 2008). Delgado menciona que alrededor del 75% del mercado mundial de semillas de maíz lo dominan cinco compañías transnacionales y que en México existen alrededor de 380 híbridos de maíz y 68 comercializadoras (Delgado R.J., 2017).

La correcta selección de híbridos y/o variedades es una práctica que asegurará el éxito en la producción de maíz, la selección deberá hacerse en base a las cualidades de cada uno de ellos como: su potencial de rendimiento, su precocidad, resistencia a altas o bajas temperaturas, resistencia a insectos o enfermedades etc.

En México los híbridos nacionales se han clasificados en seis series dependiendo de las condiciones de humedad y de la altura de la región a las cuales se adaptan, así tenemos a:

- SERIE 0** Híbridos tardíos, 180 días para altitudes de 1 900 a 2 400 msnm: H-28, H-30, H 32
- SERIE 100** Híbridos para temporal y para altitudes de 2 200 msnm o más: VS-101, H-123 Y H-124
- SERIE 200** Híbridos para alturas de 1 000 A 1 900 msnm H-220, H230, VS-201
- SERIE 300** Enanas: H-309, H-356, H-356, H-366, pancho villa
- SERIE 400** Híbridos para trópico seco alturas de 0 A 600 msnm: H-412, H-430, **H-431, H438, H-428**, H-440, VS-450, VS-413, V-453
- SERIE 500** Híbridos para el trópico húmedo: V-520, V-520C, V-521, H-501, H-502, H-507, H-508, H-510, H-524(tuxpeño)



Cuadro M6.- Comportamiento del Rendimiento medio de materiales de maíz blanco evaluados en los municipios de Culiacán y Navolato (sembrados a doble hilera 20-60). *Fuente: Ing. Ramses Meza Ponce. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, A.C*

	HIBRIDO	COMPAÑÍA	RENDIMIENTO (kg/ha)
1	Sable	Asgrow	13,647
2	Puma	Asgrow	13,540
3	DK-2020	Dekalb	13,170
4	30G59	Pioneer	13,163
5	30G57	Pioneer	12,314
6	DK-2024	Dekalb	12,095
7	30H74	Pioneer	11,889
8	8233	Garts	11,092
9	30G54	Pioneer	11,043
10	8333	Garts	10,405
11	1851w	NK	10,364
12	8336	Garts	9,798
13	Fuego	Ceres	9,488
14	1822	NK	9,268
15	8038	Creceer	8,904
16	8122	Garts	8,348

Cuadro M7.- Resultado de las pruebas de validación, donde se observa el rendimiento (kg/ha), de los híbridos de maíz validados en el ejido Costa Rica y Batury Angostura (R. Ponce, J. R. Angulo, FPS-CVTTTS, 2010)

HIBRIDO	COMPAÑÍA	MADUREZ	RENDIMIENTO
2022	Dekalb	180-185	16,090
30P49	Pioneer	180-185	15,260
Bisonte	Asgrow	180-185	14,973
AS1501	Aspros	180-185	14,948
Puma	Asgrow	180-185	14,724
XR56	Ceres	195	14,538
2020	Dekalb	180-185	14,521
30P45	Pioneer	180-185	14,314
DAS2355 ¹	Dow AgroSciences	180	14,269
TG8990 ²	Tech ag	175-180	14,201
Logos	Unisem	175-180	11,843
8233	Garst	175-180	11,815
1863W	NK	175-180	11,811
DAS2301	Dow AgroSciences	180	11,532

¹ La cobertura de la hoja en la mazorca no alcanza el 100%, esto lo deja susceptible a daño por pájaro.

² Este material muestra susceptibilidad a *Fusarium*

En el sur del estado el INIFAP ha estado efectuado pruebas en forma constante con nuevos materiales de maíz, tanto en siembras de otoño-invierno como en verano, para poder ofrecer al productor un paquete tecnológico que le de los mejores resultados. Dentro de los materiales más



sobresalientes en siembras de O-I, (Duarte y col, 2006) destacan a **Puma, Fuego, 2010 y Sable** con rendimientos de **10.4, 9.63, 9.55, y 9.50 ton/ha** respectivamente, siguiendo los híbridos **30G544, 2020, 30G57 y Tornado** con rendimientos de **9.45, 9.36, 8.81, y 8.58 ton/ha** respectivamente. En siembra de verano Cota y col en 2009, reportan a los materiales **Midas, H-431, P30F32, Línea 269311 y Verano XR** con rendimientos de 5.5, 5.3, 5.1 y 5.1 ton/ha respectivamente siguiéndole los materiales Experimentales AS-1501, -AMA, AS-1502, Ares y AMA2 con rendimientos de 4.6, 4.6 4.6, 4.2, 4.0 ton/ha respectivamente y Syngenta, ASGROW-**Garañón** y Pioneer 4082 (Cota y cols, 2013). Otros materiales son **Delkab 2038, AS Caribú y AS-Gorila**. Ceres recomienda para el noroeste los híbridos: XR47 (grano muy blanco), XR20A (amarillo), XR49, XR66 (precoz, baja densidad).

Dentro del programa de mejoramiento genético en maíz se están desarrollando nuevos materiales para siembras de verano que posean resistencia a las altas temperaturas y den una producción aceptable, detectándose cuatro cruza simples con rendimientos superiores a los testigos regionales VERANO-XR y H-431 los cuales han alcanzado rendimientos superiores al promedio regional para esta fecha, que es de 5.0 ton/ha, estos materiales son: **(Y052641 x T39), (Y0562642 x T39), (T39 x Y062642) y (T39 x Y902908)** con rendimientos de **10.3, 9.6, 9.6 y 8.6 ton/ha** respectivamente superando en un **35 %, 27 %, 27% y 14%** al testigo Verano XR (Ortega, Cota, Guerrero y Cubedo , 2011). Guerrero-Herrera y cols, 2015, para la región agrícola del valle del yaqui, para la siembra de otoño-invierno recomiendan los híbridos: **Cebú, Bisonte, DK 2020, DK 2022, P 30P49, P 2837W. P 2948W, P 3254W, P 3258W P3289W, P3258W, P3290W y Ares**. Por otro lado, en algunos ensayos llevados a cabo en el valle del Yaqui por diferentes semilleras, en los ciclos 2016 y 2017, han destacado algunos materiales como **Armadillo** de Asgrow, **Caribú, DK-4050, DK 2030, DK 2048 y DK 4130**.

En Baja California se recomienda la siembra de los híbridos: **Garañón, P3258W, DK2038, P2837, Nb10, Nb12 y H-431** (Ávila-Casillas, 2015)

En el estado de Sinaloa en el ciclo 2015 y 2016 se han probado algunos materiales para fines de recomendación del Comité Consultivo Regional de Variedades de plantas (CCRVP) tales como: DK 30000, GARAÑÓN, XR-47, XR-49, XR-56, MAX1360, MAX312, MAX1363,



SULTAN XS-4517, ARTILLEROP3289W, P-3258, SYN-914, SIN904 entre otros (Macías-Cervantes *et al.*, 2017)

La compañía Pioneer en México lanza al mercado para su siembra en los estados de Sinaloa y Sonora para el ciclo Otoño-invierno los híbridos: P3140W, P3201, P32T83 (para el sur de Sin), P3230W.

DELKAB con los híbridos DK1050,

MAÍCES TRANSGENICOS:

En la actualidad las áreas de siembra con maíz transgénicos en los países desarrollados como Estados Unidos cubren una gran proporción en la superficie de siembra con materiales genéticamente modificados (OMG's), a los que se les ha insertado ya sea uno o varios genes de otros organismos. En México la siembra de maíces genéticamente modificados se encuentra totalmente restringida debido a los posibles casos de contaminación que pudieran sufrir todos aquellos materiales nativos de nuestro país que se han explotado durante muchos siglos atrás. En México a partir de 2009 se inicia el otorgamiento de permiso para la siembra a nivel experimental de maíz transgénico, otorgándose de 2009 a 2013 un total de 169 permisos para la siembra de 262 ha en los estados del norte y noroeste de país lográndose tan solo el establecimiento de 19 ha. Sin embargo, en 2013 se lleva a cabo la suspensión por parte del poder judicial para las siembras con maíz transgénico debido a una demanda civil de acción colectiva (Ramírez-Alcántara *et al.*, 2013). El 92 % de la producción de maíz en EE.UU. procede de maíz genéticamente modificado (ERS.USDA.GOV, 2019).



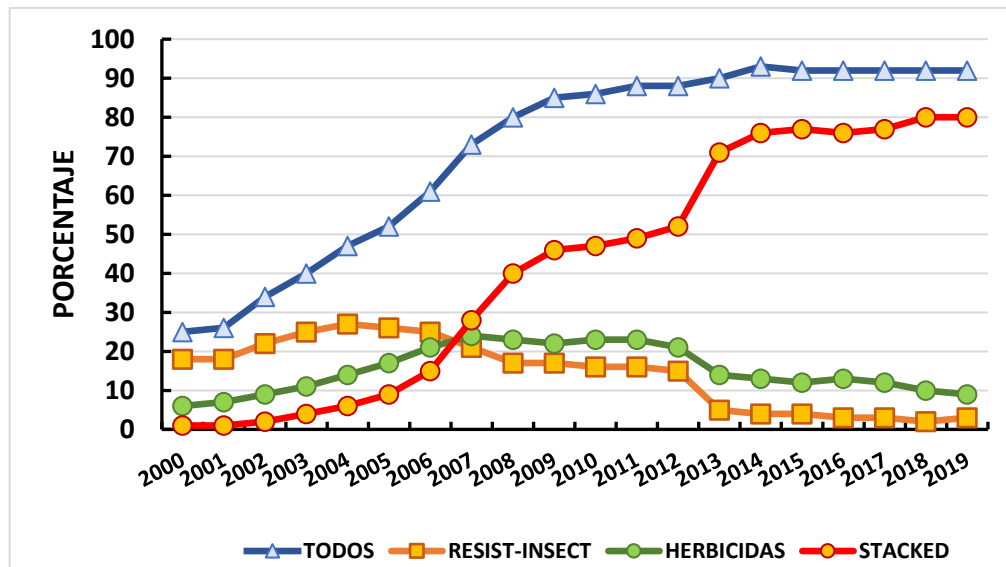


Figura M22.- Participación de los tipos de maíces transgénicos en la superficie de siembra de maíz en USA

En el caso del maíz los materiales transgénicos más comunes poseen los genes *Bt* el cual les otorga cierta resistencia a plagas, sobre todo a: gusano de las raíces, barrenador del tallo y otras plagas insectiles, de tal manera que la compañía **Monsanto** ha desarrollado los híbridos de maíz con los genes *Cry1Ab*, *Cry3Bb1* de *B. thuringensis*, los cuales denomina: *YIELDGARD* Corn-borer (resistencia gusanos barrenadores del tallo), *YIELDGARD* Rootworm (con resistencia a gusanos de la raíz que son las larvas de diabrotica), *YIELDGARD* VT triple y *YIELDGARD* plus este último pose a los dos genes que le confiere resistencia a: Gusanos de la raíz, Gusanos Trozadores, Barrenador del tallo, Barrenador Europeo del maíz, Oruga militar, Gusano de alambre, Mosca de la germinación y Gusano elotero. Otra de las compañías que ha desarrollado materiales transgénicos con resistencia a plagas en maíz es la **DROWSCIENCE**, los materiales generados por esta compañía tienen insertado los genes *Cyr34Ab*, *Cyr35AB1* *Cyr1F* que le confiere resistencia a: Gusano barrenador, Cogollero, Trazadores y Elotero estos materiales son conocidos como **HERCULEX 1** y **HERCULEX EXTRA (HXX)**.

También se han desarrollado materiales transgénicos con resistencia a herbicidas por la compañía de Monsanto, así tenemos materiales a los cuales se les ha insertado el gene **ROUND READY** (*Enol-Piruvil-Shiquimato-Phosfato-Sintetasa*, *EPSPS*, *CP4*) otorgándole a la planta de maíz

resistencia a la aplicación del herbicida no selectivo “**GLIFOSATO**”, este herbicida al ser no selectivo, controla tanto malezas de hoja ancha como angosta, anual o perennes y que en la actualidad ha sido una gran herramienta en la mejora de la producción de grano de maíz en las áreas con grandes problemas de malezas. Otro de los materiales desarrollados por esta compañía son los que poseen resistencia al herbicida GLUFOSINATO el cual pertenece a la misma familia que el anterior y de amplio espectro de acción a estos materiales se les ha insertado el gene **LIBERTY LINK (LL)** el cual fue desarrollado por BAYER CROP SCIENCE este gene proviene de dos especies de bacterias del suelo del género *Streptomyces*.

Por último, se tiene a los materiales transgénicos con resistencia a las IMIDAZOLINAS conocidas como híbridos **CLEARFIELD**.

Hay que tener muy en cuenta que cuando se utilizan híbridos o variedades transgénicas con el gene *Bt* es necesario llevar a cabo un buen manejo de resistencia a insectos (IRM siglas en inglés y MIR en español) sembrando por lo menos un **20%** de la superficie con variedades o híbridos convencionales, que la plaga utilizara como refugio, promoviéndose que los individuos resistentes puedan cruzarse con individuos susceptibles y de esta manera diluir la resistencia en su descendencia. En los refugios pueden llevar a cabo aplicaciones de agroquímicos para el control de cogollero, cuando se alcance un 20% de daño antes de la etapa V6, pero no se recomienda hacer aplicaciones para el control de barrenador (*Diatraea saccharalis*). Existen varios modelos para la integración de estos nichos de resistencia que se pueden utilizar dependiendo del arreglo de la siembra. (Consultar manuales de IRM en maíz)



SISTEMAS DE SIEMBRA

El maíz junto con unos cuantos cultivos se caracteriza por tener una amplia variación en los sistemas de producción, desde los sistemas parcelarios de autosuficiencia en el trópico, en sistemas imbricados, en sistemas de relevo hasta los sistemas extensivos y altamente tecnificados del cinturón de maíz en estados unidos del norte y noroeste de México. En el estado el método de siembra convencional se lleva a cabo utilizando varios **métodos de labranza** (preparación del suelo para la siembra) ya sea en la labranza convencional que consiste la aplicación de la labranza primaria que consiste en un paso de *barbecho o cinceleo*, seguido por la labranza secundaria que consiste en *dos a tres pasos de rastra, tabloneo, trazo de riego sellado de humedad y siembra*. **El sistema de labranza reducida** en los últimos años ha ido ganando terreno debido a la disminución en los costos de producción y la baja alteración en las características físicas y químicas de los suelo, sin una reducción significativa del rendimiento, este sistema consiste en preparar el terreno mediante *dos pasos de rastra* con el fin de mullir el suelo lo mejor posible e incorporar el rastrojo de la cosecha anterior, tabloneo, trazo de riego, riego y siembra una variante dentro de este sistema es el de reutilizar el surco dejado por el cultivo anterior solamente *reavivando (revestimiento)* a través del chapeo del rastrojo y reavivando el surco mediante una triple o doble barra con una reja pequeña en la parte delantera una barra con discos cortadores ondulantes en medio y la tercer barra con rejas grandes en la porción posterior (Cortez J., 2007). En el Sistema de **LABRANZA DE CONSERVACIÓN (LC)** la siembra se realiza directamente sobre el rastrojo del cultivo anterior sin llevar a cabo ni la labranza primaria ni secundaria. Éste sistema tiene la ventaja de poder aprovechar mejor las lluvias al promover una mayor penetración del agua en el suelo, la humedad se conserva más tiempo ya que se reduce la evaporación por la cobertura de la paja, otra gran ventaja de este sistema es que se protege al medio ambiente al evitar la quema, se mejora las condiciones del suelo al incrementar el contenido de materia orgánica, disminuye la compactación del suelo al evitar los pasos continuos de maquinaria y se promueve el desarrollo de organismos en el suelo. En el caso de la rotación trigo-maíz en siembras de verano se ha visto una reducción en la incidencia de plagas como cogollero, thrips, pulguita. La aplicación de *LC* ha resultado benéfica en las siembras de maíz de verano en el Valle del Yaqui. Este sistema consiste en primer lugar en cortar el trigo lo más alto posible para facilitar la siembra; la maquina cosechadora debe estar equipada con un molino y dispersor de paja, que la distribuya uniformemente. Para controlar el riego se recomienda levantar



bordos cada 30 a 50 surcos para evitar el arrastre de la paja. Para la siembra se adapta un timón 90 cm adelante del machete sembrador, para desplazar en el centro del bordo los residuos de trigo y en la parte posterior dos llantas convergentes (en forma de V) para sellar la grieta que hace el timón y machete (Ortega *et al.*, 2005)



Figura M20.- Siembra de maíz sobre rastrojo en el sistema de Labranza de Conservación



Figura M21 Sembradora adaptada para la siembra sobre rastrojo en la Labranza de Conservación, con discos cortadores de paja al frente

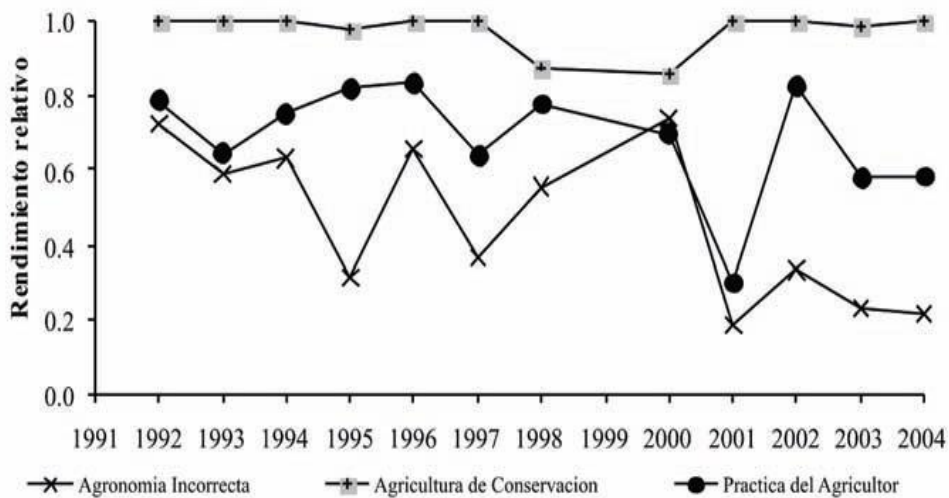


Figura M22.- Rendimiento relativo de maíz en el experimento a largo plazo del CIMMYT. Agricultura de Conservación: Rendimientos altos y estables (Bram Govaerts Agricultura de Conservación FPS Jornada de transferencia de Tec, 2010).

En los sistemas de siembra en el noroeste existen varios métodos, el método convencional consiste en la siembra de maíz en surcos con separaciones de 75 a 92 cm y a una sola hilera, generalmente se hace a tierra venida, lo que ayuda a eliminar la primera tanda de malezas al sellar la humedad en los sistemas de labranza convencional o reducida o al revestir el surco en la siembra con labranza mínima. La densidad de siembra varía de 60 a 110 mil plantas por hectárea siendo más común trabajar con surcos a 80 cm y con poblaciones de 65 000 plantas por ha. En el caso de la región norte de Sinaloa en el sistema convencional las poblaciones son un poco más altas llegando a 70 o 75 mil plantas por hectárea en siembras de otoño-invierno, siendo un poco menores en siembras de verano. En el valle de Culiacán la densidad de siembra recomendada es un poco mayor y se recomienda la siembra de 8 a 9 semillas por metro en surcos de 80 cm de separación lo que da una densidad entre 100 a 112 mil semillas por hectárea, otra variante en las siembras de O_I en el valle de Culiacán es la siembra a doble hilera en surcos con separación a 80 cm y 20 cm entre hileras al que llaman sistema 20-60, y densidades de 90 a 100 mil plantas por ha. En los últimos ciclos se han liberado algunos híbridos que responden bien en sistemas con altas poblaciones en hileras de 75 a 80 cm y de 7 a 9 semillas por metro. Las altas densidades (mayores de 112 mil) producen plantas con tallos delgados y de pobre anclaje, aumentando el riesgo de acame, además se reduce el tamaño de la mazorca y el número de granos por mazorca, se incrementa también el número de plantas “Horras” (sin mazorca). En cambio, una baja densidad (menos de 60 mil), produce plantas vigorosas de tallos gruesos y fuertes, mazorcas más grandes y mayor número de grano por mazorca, pero de bajo rendimiento.

Sin embargo en los últimos años se ha visto un marcado interés por las siembras en hileras angosta Con esta tecnología se incrementan los rendimientos por hectárea al disminuir los problemas de acame y plantas improductivas, aunque la respuesta productiva de cada híbrido es variable en función de la estructura y fisiología de la planta por lo que los niveles de incremento en rendimiento son directamente proporcionales al grado de adaptación de cada material ya que algunos materiales de las compañías GARTS, CERES y NK redujeron sus rendimientos bajo densidades de siembra arriba de 111 000 ptas./ha e incrementaron los problemas de acame, la siembra consiste en sembrar maíz en surcos separados a 40 -50 cm y poblaciones que van de 100 000 a 120 000 plantas por hectárea. Macías reporta que la siembra en hileras angostas (50 cm) supero a las siembras de maíz en hilera doble y sencillas en surcos de 80 cm con una producción media de tres ciclos de 12.4, 11.1 y 10.36 respectivamente y que la siembra a doble hilera con 4 a 5



plantas por metro son más productivas que la siembra de 7 a 8 plantas por metro a una solo hilera con surcos a 80 cm. También se ha estado trabajando con siembras de maíz a doble y tripe hileras en surcos con separación de surcos de 80 a 100 cm y de 20 a 40 cm entre hileras (20-60 y 40-60 estos es separación entre hileras de 20 cm en el surco y de 60 cm entre hileras entre surco), las poblaciones en estos sistemas son muy similares a los de hileras angostas y convencional de alta población pudiéndose alcanzar rendimientos entre 16 a 20 ton/ha (Luque Sainz, 2009, FPS-CVTTS). El resultado en las siembras a doble hilera e hileras angostas se debe a una mejor distribución e intercepción de la radiación solar como se muestra en la figura M22



Figura M23.- Siembra de maíz en sistema de doble hilera en surcos de 80 cm (izquierda), sistema convencional (centro) y en hileras angostas de 50 cm (derecha)

La siembra en seco solo se recomienda en terrenos con pocos problemas de malezas y suelos de barrial nivelados y con buen transporo, la profundidad de siembra en siembra en húmedo debe de ser entre 6 a 8 cm y en seco de 3 a 5 cm.

En la siembra de maíz para la producción de forrajes se debe seleccionar aquellos híbridos que tengan una mayor producción de follaje y sembrar ya sea en forma convencional o hileras angostas, pero con poblaciones de más de 120 00 plantas por hectárea.

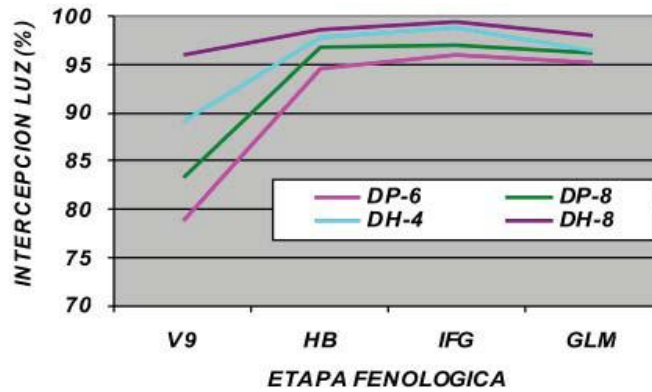


Figura M24. Intercepción de luz por el maíz según la etapa fenológica, la densidad de población y su arreglo espacial en siembra de Otoño-invierno 2000-2001. Los tratamientos DP-6 Y DP-8 corresponden a: 6 y 8 plantas/m en hileras sencilla y DH-4 y DH-8 a 4 y 8 plantas/m a doble hilera respectivamente, en las etapas de 9 hojas **V9**, hoja bandera (**HB**), antes-inicio de formación de grano (**IFG**) y grano lechoso-masoso (**GLM**), (Macías, Sifuentes y Luke, FPS, Manejo Sustentable del Maíz)

Cuadro M8.- Diferentes tamaños y calibres de semilla de maíz para su siembra (INIFAP-CIFAPSON-CEVY, 2003.

TAMAÑO Y FORMA	CALIBRE	KG/BOLSA	# SEMILLAS /BOLSA	SEMILLAS /kg
PLANO GRANDE	P20	17	66 000	3 900
PLANO MEDIO	P18	15	73 000	4 800
PLANO CHICO	P16	15	96 000	6 400
BOLA GRANDE	B20	20	66 000	3 300
BOLA MEDIA	B18	16	65 000	4 000
BOLA CHICA	B16	15	81 000	5 400

FERTILIZACION

Una nutrición balanceada en el cultivo del maíz (como en todo cultivo) proporciona mayor resistencia a plagas y enfermedades. Los principales nutrientes que requiere el maíz para obtener una alta productividad son: Los macronutrientes; nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); los nutrientes secundarios calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) y microelementos como el hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu) y boro (B), estos últimos, sobre todo, en suelos alcalinos, en donde se bloquea su asimilación. Para producir una tonelada de grano de maíz se requieren **23** kilogramos por hectárea (kg/ha) de nitrógeno (N) aunque otros opinan que va de **20 a 29** kg/N, **10.7** kg/ha de fósforo (P) y **25** kg/ha de potasio (K). (R. Meza Ponce y J. R. Angulo S.). Así pues, para obtener un rendimiento de 10 ton/ha de grano, se deberá tener un suministro de 200 a 250 kg N/ha para ser absorbido (Borbón-García *et al.*, 2011)

NITRÓGENO

Toma de nitrógeno: Como se puede observar en la figura M22 la planta de maíz absorbe poco nitrógeno en las primeras etapas de cultivo y posteriormente su necesidad de nitrógeno se va incrementando conforme crece la planta, de tal manera que en la etapa de inicio de jiloteo (**R₁**) el maíz ya ha absorbido aproximadamente el 60% del nitrógeno total en el ciclo y en la etapa de grano masoso (**R₅**) ya ha absorbido cerca del 90 al 95% por lo que para asegurar un buen rendimiento de grano se debe de tener un buen suministro de nitrógeno en el suelo antes de estas etapas para asegurar un rendimiento aceptable. Por tal motivo es más recomendable que la fertilización nitrogenada se fraccione (su principal desventaja es que los costos se incrementan), de tal manera que antes del espigamiento (**V_T**) se haya aplicado la totalidad de la dosis. Por lo que se recomienda aplicar una parte en presembrado o en la siembra, una en el primer riego de auxilio y otra parte en **V₅-V₆**. A pesar de que la mayoría de las Fuentes nitrogenadas son rápidamente soluble su disponibilidad en la aplicación inicial varía grandemente. Las fuentes nitrogenadas con amonio comparadas con otras fuentes incrementan la absorción de fosforo. Por tal motivo los fertilizantes a base de fosfato de amonio son más utilizados en esta aplicación. Siendo el fosfato-mono amónico (MAP) una excelente fuente en el arranque, así como el fosfato diamónico el que libera más amonio. También hay que recordar que el amonio en la germinación puede ocasionar daños a la raíz



por tal motivo debe de aplicarse en dosis bajas y tratando de depositarlo fuera de la línea de plantas por lo menos dos pulgadas abajo y a un lado. Por esta misma razón la aplicación de urea en la siembra debe hacerse con sumo cuidado.

Para determinar la dosis adecuada en la fertilización nitrogenada es necesario conocer las necesidades del cultivo según la etapa de desarrollo y su potencial productivo, así como las características de su sistema radical, el contenido de nitratos en el suelo, el contenido de materia orgánica, las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo, la eficiencia en el manejo del agua y el manejo agronómico, que en conjunto tienen una enorme influencia en la eficiencia de uso del nitrógeno, tanto del que está disponible en el suelo como del que se mineraliza durante el desarrollo del cultivo, así como el que proviene de la fertilización (INIFAP, 2005 La fertilización en los cultivos de maíz, sorgo y trigo en México Folleto técnico #1)

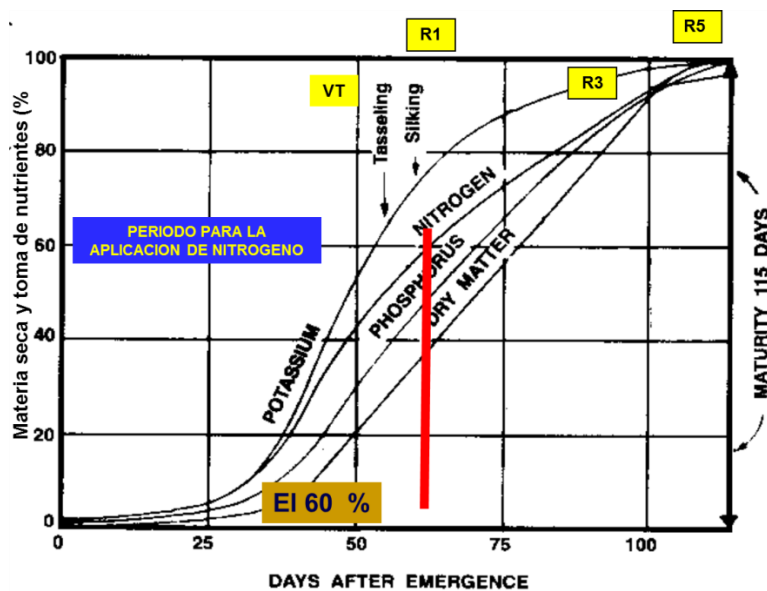


Figura M25.- Curvas de Absorción y acumulación Relativa de Nitrógeno, Fósforo (P_2O_5) y Potasio (K_2O) en la planta de maíz en las diferentes etapas fenológicas (Fuente: Hanway, J.J., 1960. Growth and Nutrient Uptake by Corn, Iowa State University Extension Pamphlet No. 277)

Así pues, para calcular la dosis se puede aplicar la siguiente fórmula (Macías-Cervantes, 2017; Rodríguez M. y C. León, 2008; INIFAP, 2005):

$$DOSIS\ DE\ N = (DEMANDA - SUMINISTRO) / EFICIENCIA$$

Así la demanda estará en función de muchos factores donde uno de los más importantes es en base al rendimiento potencial de tal manera hay que definir la cantidad de nitrógeno por tonelada de grano que requiere el cultivo el cual no se considera fijo sino que varía entre 20 a 29 kg de nitrógeno por tonelada de grano de tal manera que si se quiere un rendimiento de aproximadamente 12 toneladas por hectárea, la demanda del cultivo sería de 250 a 260 kg/ha de nitrógeno, 120 a 145 kg de (P_2O_5) y de 250 a 260 de potasio como se aprecia en el cuadro M9. Así pues la dosis entonces dependerá de la cantidad de nitrógeno que se tenga en el suelo a una profundidad de 40 a 60 cm y la eficiencia de este. Por ejemplo si tenemos una concentración en el análisis de suelo de textura media pesada (DA de 1.3 g/cm^3) de $N-NO_3$ de 20 ppm su aporte sería de 100 kg a una profundidad de 40 cm lo que nos daría para una producción esperada de 12 ton/ha, una dosis de aproximadamente de 300 kg de N considerando una eficiencia del 50 %

Cuadro M9.- Demandas de Nitrógeno, fósforo y potasio en maíz en base al rendimiento esperado (Rodríguez y León, 2008)

RENDIMIENTO EN ton/ha	DEMANDA		
	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
	Kg/ha		
1	21	3	22
2	43	7	44
3	64	10	66
4	85	13	88
5	106	17	110
6	128	20	132
7	149	23	151
8	171	26	173
9	193	29	196
10	213	32	210
11	234	35	232
12	256	39	254
13	277	42	276
14	298	45	298

Cuadro M10. Requerimiento de nitrógeno en maíz en base al rendimiento medio esperado (Penn. State University, Nitrogen recommendations for corn, Agron. Fact 12)

Rendimiento de grano Esperado (bu/A)	100	125	150	175	200
Ton/ha	6.3	7.8	9.4	10.9	12.6



N Rec. (lb N/A)	100	130	160	190	220
Corn for Silage Expected Yield (ton/A)	17	21	25	29	33
N Rec. (lb N/A)	120	150	180	210	240

Ya que los residuos de gramíneas como sorgo, maíz trigo y arroz tienen un alto contenido de carbono y bajas concentraciones de nitrógeno, por lo que se representa muy alta la relación C/N. Al momento de descomponerse, estos materiales toman nitrógeno del suelo en lugar de suministrarlo, por lo que crean una deficiencia temporal de este elemento, aunque después lo liberan parcialmente. En el caso de la siembra de maíz en rotación con otro cereal y después de la incorporación del rastrojo hay que considerar el aumento en un 5 a 7 kg de N/ha a la dosis inicial de nitrógeno. En siembras con LC o sea cuando el rastrojo no se incorpora, sino que se deja en la superficie del suelo, la inmovilización del Nitrógeno es menor, pero aun así se recomienda incrementar ligeramente la dosis (INIFAP, 2005).

De acuerdo a la universidad de Espinoza y Ross los niveles de nutrientes en la planta de maíz deberán estar en cantidades adecuadas para un buen desarrollo y producción de grano, que varían dependiendo de la etapa de desarrollo, por lo que es importante tener una idea de cómo se encuentra la planta del punto de vista nutricional a través de un análisis de tejido. La toma de muestra dependerá de la etapa en que se encuentre la planta, de tal manera que si la planta posee una altura menor a 12 pulgadas (30cm), se debe de coleccionar la planta entera; si la planta tiene una altura mayor, pero y se encuentra antes de espigamiento, se deberá coleccionar la hoja recientemente madura; cuando la planta ya se encuentra en su etapa reproductiva se debe de coleccionar la hoja que acompaña a la muñeca. Los niveles se pueden observar en el cuadro M12

FÓSFORO

En lo que respecta a fósforo hay que recordar que este elemento es muy importante en el desarrollo radicular y vegetativo, así como en la reproducción por lo que como se puede observar en la figura la planta absorbe aproximadamente el 30 % antes de la etapa de espigamiento, incrementándose a un 50% en la etapa de inicio de floración (**R₁**) llegando a un 100% en la etapa de



grano masoso (**R5**). La disponibilidad del fósforo en el suelo puede reducirse en suelos ácidos o calcáreos. El maíz absorbe por cada tonelada de grano producida aproximadamente 3 kg/ha de fósforo (cuadro M7) o 7 de P_2O_5 (INIFAP, 2005) y como se señaló anteriormente el maíz para una producción de 12 toneladas por hectárea requiere absorber un total de 40 a 50 kg de fósforo por lo que sería recomendable aplicar alrededor de 90 kg de P_2O_5 con un contenido bajo en el análisis de suelo (cuadro M9). También hay que recordar que, así como el potasio son poco móviles en el suelo por lo que su aplicación se realiza comúnmente en presiembra o al momento de la siembra.

Cuadro M11.- Dosis de fósforo recomendada para maíz de grano con base en el nivel de P_2O_5 en el suelo (INIFAP, 2005)

ppm (Bray P-1) REND	CONTENIDO DE FÓSFORO EN EL SUELO						
	MUY BAJO 0-4	BAJO 5-10	MOD. BAJO 11-20	MEDIO 21-30	MOD ALTO 31-40	ALTO 41-60	MUY ALT >60
	DOSIS DE P_2O_5 (kg/ha)						
MAS DE 12	135	120	90	75	40	0	0
10 A 12	110	90	80	70	35	0	0
8 A 10	90	75	70	65	30	0	0
6 A 8	70	60	55	50	20	0	0
4 A 6	60	55	50	45	15	0	0
2 A 4	35	30	25	25	00	0	0

Cuadro M12.- Contenido nutricional de la planta de maíz en diferentes etapas de desarrollo (Leo Espinoza and Jeremy Ross)

ETAPA DE	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	B
CRECIMIENTO	%			ppm						
PLANTULA	4.0-5.0	.04-.06	3.0-4.0	0.3-0.8	0.2-0.6	0.18-0.5	25-160	20-60	6-20	5-25
ETAPA TEMPRANA	30.0-4.0	0.3-0.5	2.0-3.0	.25-0.8	0.15-0.6	0.15-0.4	20-150	20-70	5-25	5-25
ESPIGAMNIENTO	2.8-4.0	0.25-0.5	1.8-3.0	.25-0.8	0.15-0.6	0.15-0.6	15-150	20-70	5-25	5-25
JILOTEO	2.6-3.5	0.26-0.45	1.7-2.7	0.41-1.0	0.21-0.50	0.21-0.30	28-175	36-120	8-20	

(Rodríguez y de León, 2008)

Una sobre fertilización no necesariamente incrementa el rendimiento de grano, al contrario reduce los márgenes de utilidad del cultivo (Figura M23) e incrementa los problemas de contaminación en los mantos acuíferos y ríos en la región pudiendo ocasionar daño tanto a la comunidad como a los animales de granja



Cuadro M 13.- Recomendación en la aplicación de Fósforo (kg/ha de P_2O_5) en base al rendimiento esperado y el contenido de fósforo en el suelo (Borbón-García y cols, 2011)

REND ESPERADO (TON/HA)	NIVELES DE FÓSFORO EN EL SUELO (ppm)				
	>5	5-9	9-13	13-20	< 20
7,0	71	58	49	37	-
10,0	89	76	67	56	-
13,0	107	95	86	73	-

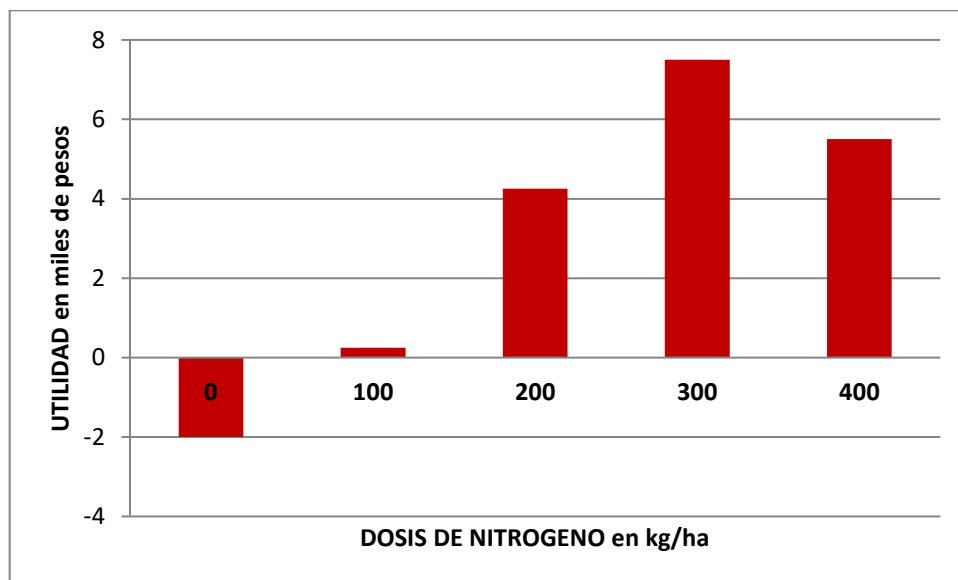


Figura M25.- Utilidad registrada en el cultivo de maíz a diferentes dosis de N en el valle del Fuerte, Sin. Ciclo 04/05 O-I (INIFAP, 2005)

EL RIEGO EN MAÍZ

Las necesidades de agua para la evapotranspiración en el cultivo del maíz varían de 400 a 800 mm. El total de agua utilizado varía considerablemente de acuerdo con la duración del ciclo del cultivo, condiciones climáticas, disponibilidad de agua, características del suelo y prácticas de manejo en el sistema agua-suelo-planta (Reyes C., 1990). La planta de maíz requiere una lámina de riego entre 20 a 30" (50 a 75 cm) durante el ciclo para lograr un buen rendimiento. Un déficit de humedad en maíz produce una reducción en el rendimiento en cualquier etapa del cultivo de tal manera que si ocurre un déficit de humedad antes de la etapa de espigamiento (**V_T**) reduce el rendimiento de grano en un 10 a 20%, siendo mayor la reducción entre espigamiento y grano lechoso-masoso (**R₃**) la que puede ser desde un 20 hasta un 60 % del rendimiento siendo esta etapa la de mayor sensibilidad y en la etapa de grano lechoso-masoso a madurez fisiológica la reducción sería de 10 a 35% (Corn Prod. Handbook, University of Kansas pub MP437) La eficiencia en el uso de agua en el cultivo del maíz varía de entre 0.8 y 1.6 kg/ha (FAO, 2012)

En las primeras 3 a 4 semanas del crecimiento vegetativas las necesidades de agua en el maíz son bajas, sin embargo, dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura puede ser necesario la aplicación del primer riego. En la etapa **V₈** se incrementa fuertemente su tasa de crecimiento. El número de hileras por mazorca es definido en esta etapa por lo que debe de evitarse tener un déficit de humedad en esta etapa. Comúnmente se realiza un aplicación de nitrógeno antes de esta etapa por lo en ciertos caso es necesaria la aplicación de un riego para activar el fertilizante y proveer de humedad al cultivo esto produce un rápido crecimiento en la planta de maíz. Cuando la planta de maíz alcanza la etapa **V₁₂** se inicia la determinación del número de granos por mazorca así como el tamaño de la mazorca determinándose el número de granos por mazorca en la etapa **V₁₇** la cual se presenta más o menos una semana antes del muñequero entrando a la etapa de mayor demanda de agua por el cultivo. Durante el periodo de 2 semanas antes y 2 a 3 semanas después del muñequero las necesidades de agua diaria en cultivo son de cerca de 0.3 pulgadas por día, siendo en este periodo el más crítico en el manejo de agua en maíz. Una condición de estrés en **R₁** puede provocar un retraso en el desarrollo de la muñeca y una liberación prematura del grano de polen lo que provocaría fallas en la polinización con una reducción en el rendimiento. Posteriormente



cuando el grano se desarrolla los requerimientos de agua son menores (U of A, Pub. MP437) como se puede apreciar en la figura M24

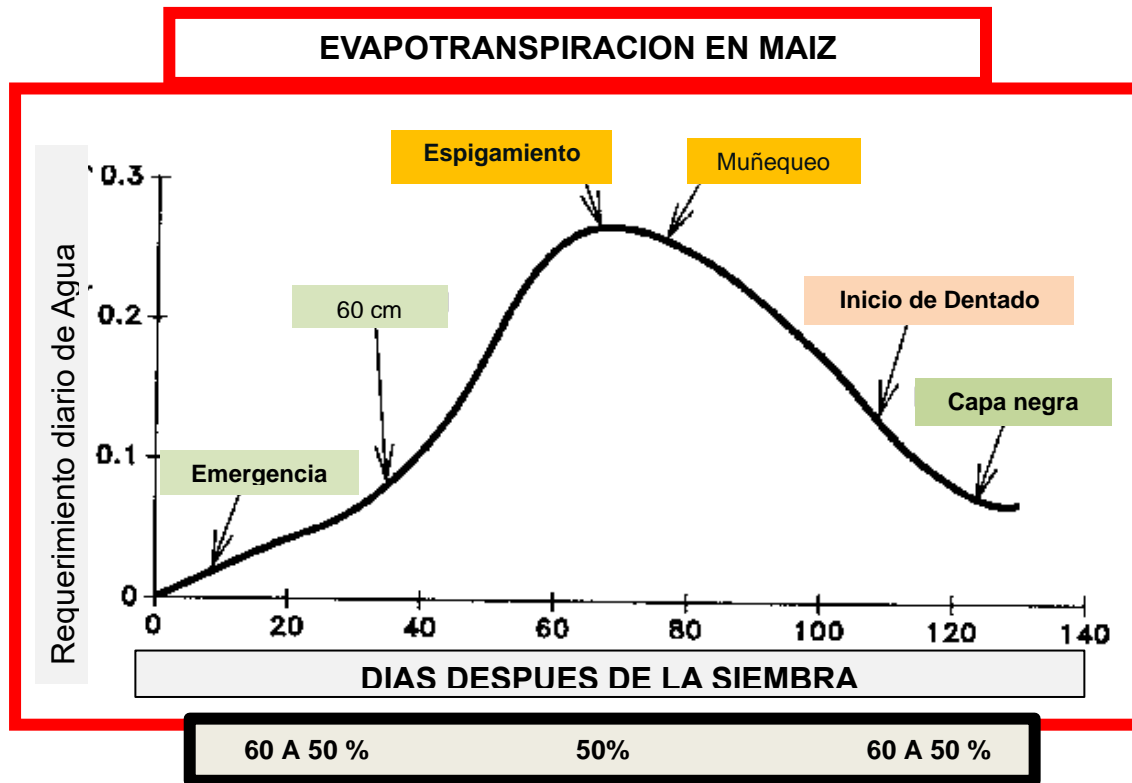


Figura M26.- Curva de evapotranspiración en el cultivo del maíz y el porciento de depleción en las diferentes etapas del cultivo.

La frecuencia y profundidad de humedecimiento tanto del riego como de la lluvia tienen un pronunciado efecto en la producción de grano de maíz. El maíz parece ser tolerante al déficit de humedad en la etapa vegetativa y en la madurez. Grandes reducciones en el rendimiento del grano son causadas por un déficit de humedad durante el periodo de floración (FAO, 2012, Reyes 1990) incluyendo el espigamiento, muñequeo y la polinización, debido principalmente a una reducción en el número de granos por mazorca. Este efecto es menos pronunciado cuando en la etapa anterior durante el desarrollo vegetativo ha sufrido estrés de humedad. Un déficit severo de humedad en floración puede resultar en una falla total en la producción de grano, debido a la deshidratación de los estigmas. Un déficit de humedad durante la etapa de maduración del grano tiene poco efecto en la disminución del rendimiento (FAO, 2012. Crop Water Information: Maize)

Bajo condiciones de un mal temporal o riego limitado, el número de riegos que posiblemente se puedan aplicar puede variar entre 2 a 5. Una sugerencia en la época de aplicación es dada en el cuadro M11. Para obtener un apropiado desarrollo radicular, la zona radical potencial deberá de humedecerse ya sea a través de riego a la lluvia antes o lo más pronto posible después de la siembra

Cuadro M13.- Recomendaciones en la oportunidad de aplicar los riegos bajo diferentes condiciones de riego restringido (Crop Water Information: Maize http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_maize.htm)

No. of irrigations	Establishment (0)	Vegetative (1)	Flowering (2)	Yield formation (3)	Ripening (4)
2	■		■		
3	■	■	■		
4	■	■	■	■	
5	■	■	■	■	■

CALENDARIOS DE RIEGO:

El calendario de riego que se recomienda aplicar en el estado de Sonora depende de varios factores, siendo la fecha de siembra uno de los más trascendentales, así pues Ortiz y Ortega y cols hacen las siguientes recomendaciones en los calendarios de riego para diferentes fechas de siembra y tipos de suelo

Cuadro M14.- Calendario de riego para siembras de verano otoño en el sur del estado de Sonora en suelos de barrial compactado, barrial profundo y aluvi3n compactado (Ortiz, Cortez y Valencia, INIFAP, 2003)

RIEGO	ETAPA	DÍAS	LÁMINA
PRESIEMBRA		0	24
1º DE AUXILIO	V6-V7	25 A 30	13
2º DE AUXILIO	V13-V14	15 A 20	13
3º DE AUXILIO	VT-R1	12 A 15	13
4 DE AUXILIO	R3	15	13
5 DE AUXILIO	R4-R5	15	10
			86 cm



Cuadro M15.- Calendario de riego para siembras de maíz de Otoño –Invierno en el sur del estado de Sonora en suelos de barrial y Aluvión (Ortiz, Cortez y Valencia, ININFAP, 2003)

RIEGO	TIPO DE SUELO					
	ETAPA	BARRIAL DÍAS	LAMINA	ALUVION ETAPA	DÍAS	LAMINA
PRESIEMBRA			15			20
1º DE AUXILIO	V8	25 A 30	10	V10-V12	35-40	10
2º DE AUXILIO	V14-V15	15 A 20	10	VT-R1	20-25	10
3º DE AUXILIO	VT-R1	15-20	10	R3-R4	20-25	10
4 DE AUXILIO	R3-R4	20	10	R5	20-25	10
5 DE AUXILIO	R5	20	10			
TOTAL			65			60

Cuadro M16.- Calendario de riego sugerido para siembras de primavera en suelos de barrial en el sur del estado de Sonora (Ortega, *et.al.* INIFAP Bol. Tec. #7, 1989)

RIEGO	ETAPA FENOLOGICA	DIAS	LAMINA
PRESIEMBRA		0	15
1º DE AUXILIO	35 A 40 cm	30	10
2º DE AUXILIO	80 cm	50	10
3º DE AUXILIO	Antes de flor.	70	10
4º DE AUXILIO	Floración	85	10
5º DE AUXILIO	Grano lechoso	95	10
6º DE AUXILIO	Grano masoso	107	10
TOTAL			75

Cuadro M17. Requerimientos de riego de siembra a madurez fisiológica del cultivo de maíz en diferentes fechas de siembra en el Valle del Fuerte (INIFAP 2011)

Fecha de Siembra	Duración del ciclo (días)	ET _o (milímetros)	ET _r (milímetros)	Número de riegos
15 de septiembre	123	405	277	3
1 de octubre	165	505	360	4
15 de octubre	176	558	375	4
1 de noviembre	183	605	435	5
15 de noviembre	182	633	419	5
1 de diciembre	176	641	421	5
15 de diciembre	168	636	433	6
1 de enero	157	622	425	6
15 de enero	148	626	410	5

Cuadro M18. Distribución de riegos por gravedad (rodado) recomendados para maíz para los suelos predominantes en Sinaloa, entre los que están arcillosos y franco-arcillosos, bajo dos escenarios de disponibilidad de agua. (INIFAP, 2011)

Número de riego	Normal				Escasez			
	Ln (cm)	Lb (cm)	GDA	Etapas	Ln (cm)	Lb (cm)	GDA	Etapas
1	14.1	23.5	-80	Presiembra	14.1	23.5	-80	Presiembra
2	5.4	16.0	436	V6-V8	7.2	16.0	500	V8-V10
3	7.4	16.0	616	VT	9.8	16.0	747	R1
4	8.6	16.0	819	R1	10.9	16.0	996	R3
5	9.1	16.0	1006	R3				
Total	44.6	87.5			42.0	71.5		

Cuadro M19.- Frecuencia en días de la aplicación de los riegos de auxilio en el Valle de Mexicali (

RIEGO	Primavera (febrero)		Siembra de verano (julio)	
presiembra				
1° auxilio	45	Veg	35	Veg
2° auxilio	65	Veg	50	Veg
3° auxilio	80	Veg	60	Veg-VT
4° auxilio	95	Vt	70	Vt-R1
5° auxilio	105	R1	80	R2-3
6° auxilio	115	R2-3	90	R4-5
7° auxilio	125	R4-5		

Aplicación del último riego:

Cuando el cultivo va llegando a la madurez fisiológica una la decisión de cuando debemos aplicar el último riego es muy importante. Su papel debe ser el de proporcionar suficiente humedad al cultivo para que los granos alcancen su madurez (capa negra) esto aseguraría que los granos de maíz alcancen su peso máximo, lográndose obtener rendimientos máximos. Existen varias formas de determinar este último riego, una de ellas es ver los días que ha transcurrido después de la siembra esto es si el cultivo tiene unos 112 días entonces puede transcurrir unas 3 semanas para llegar a la madurez fisiológica por lo que se requiere hacer un chequeo de su estatus. El determinar la cantidad de almidón almacenado en el grano es otra forma que nos sirve para determinar este riego. En el grano se puede observar una línea que separa el almidón que se está formando en la porción apical del grano y por debajo se encuentra un solución acuosa-lechosa la cual va avanzando hacia abajo del grano hasta que desaparece (capa negra) y es cuando el almidón ha sido almacenado. Para llevar a cabo este muestreo se seleccionan al azar 6 (seis) mazorcas en el cuadro, se parten por la mitad y se extrae un grano al cual se le efectúa un corte longitudinal para ver el avance en la acumulación



de almidón en el grano, si este es del 50% y se tiene buena humedad en el suelo debido a la aplicación de un riego reciente o por efecto de la lluvia se puede llegar a decidir por terminados los riegos, pero si se encuentra poca humedad en el suelo la decisión sería la de dar este último riego en este momento y lo más pronto posible para asegurar la máxima acumulación de materia en el grano y un buen rendimiento (Univer.of Arkansas, Corn Prod. Handbook MP437).



CONTROL DE MALEZAS

En los sistemas agrícolas se presentan una serie de factores que interaccionan entre ellos y que son los responsables en la producción final de un cultivo, dentro de estos factores podemos mencionar las condiciones climáticas como de los más importantes, calidad del suelo y del agua, y su aplicación oportuna en los sistemas bajo riego la presencia de plagas y microorganismos que afectan directamente el desarrollo de la planta y la presencia de plantas no deseada en el predio (maleza).

La definición más común de malas hierbas es: aquella planta que crece en un lugar donde no es deseada y que interfiere con los intereses del hombre (Anderson, 1996, citado por Tamayo, 2003). La importancia de las malas hierbas radica en los daños directos e indirectos que causan así la presencia de estos organismos en los sistemas agrícolas afectan al cultivo en forma directa al competir por agua luz y espacio en el terreno produciendo mermas sustanciales en el rendimiento, así mismo el daño que ocasionan en la pérdida de calidad de algunos productos agrícolas y en la dificultad que presentan en algunos casos en la cosecha. Dentro de los daños indirectos podemos mencionar la resistencia en el avance del agua de riego en los canales y que son fuente primaria de contaminación ya que sus semillas son arrastradas a los predios agrícolas aumentando sus poblaciones, sirviendo como hospederas de insectos como sitios de hibernación y focos iniciales de infestación hacia el cultivo, además pueden servir como reservorio de organismos patógenos que a través de vectores que invaden los campos agrícolas enfermando a las plantas con la pérdida consecuente del rendimiento

A diferencia de cualquier otra actividad agrícola, el hombre consume más energía para deshierbar sus cultivos. Del total de organismos dañinos, la maleza representa el 41.6%, considerando las reducciones en los rendimientos y los costos de su control, el resto del total lo conforman otros organismos como plagas insectiles con el 28.1%, enfermedades con el 27.1% y nematodos con el 3.2% (Kingman y Ashton, 1980, citado por Tamayo, 2001).

Se considera que la alta capacidad reproductiva, sus altas tasas de desarrollo, la longevidad y latencia de su semilla en el suelo y su capacidad en la reproducción vegetativa son las características que le dan a la maleza una gran ventaja contra los cultivos. Las malezas se clasifican



principalmente por su tipo de hoja de tal manera que en la siembra de maíz podemos tener la presencia de malezas de **HOJA ANCHA** que son plantas con dos cotiledones, nerviación reticulada y raíz pivotante. Malezas de **HOJA ANGOSTA** que son plantas con un solo cotiledón nervaduras paralelinervia y sistema radicular fibroso (zacates) y las **CYPERACEAS** que son muy parecida a lo zacates pero con hojas verticiladas y tallos triangulares (coquillo) Así mismo son clasificadas en base a la época de aparición considerándose a malezas de **PRIMAVERA VERANO** aquellas plantas que se desarrollan en épocas con temperaturas cálidas ya sea al inicio del desarrollo del cultivo o al final, se presentan básicamente en los cultivos que son sembrados en los meses de marzo a agosto principalmente y malezas de **OTOÑO INVIERNO** las que desarrollan en base a una época con temperaturas frescas o frías durante su desarrollo estas malezas se presentan en los cultivos que se siembran en los meses de octubre a enero También se clasifican en base a la duración en su ciclo vegetativo como **MALEZAS ANUALES** cuyo ciclo de vida se completan en menos de un año y **MALEZAS PERENNES** cuyo ciclo de vida dura más de dos años y que pueden crecer en forma indefinida bajo condiciones favorables pueden reproducirse por semilla o vegetativamente a través de estolones rizomas tubérculos o bulbos y poco común las malezas **BIANUALES**.

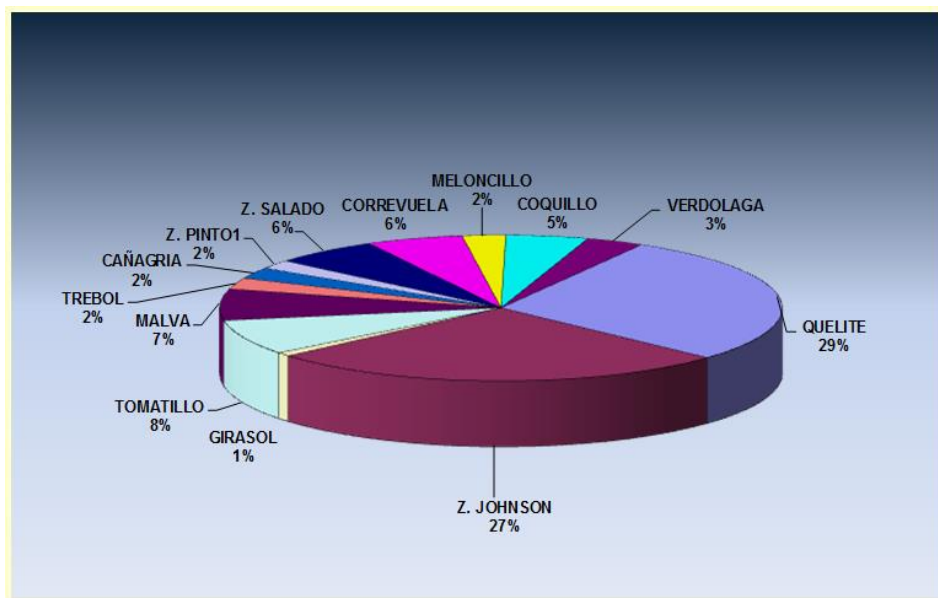


Figura M27.- Frecuencia de incidencia de las principales malezas en maíz en sonora (Tamayo Esquer, 2000)

Dentro de las especies de malezas que se presentan en el cultivo del maíz se mencionan principalmente miembros de las familias de las Compuestas, Gramíneas, *Ciperáceas*, *Solanáceas*, *Brassicas*, *Chenopodiáceas* y *Amarantáceas*.

Cuadro M19.- Principales especies de malezas en maíz, sorgo y trigo en México (Rosales *et.al.*, 2002, INIFAP Foll. Tec. #24)

NOMBRE DE LA MALEZA		HABITO DE CRECIMIENTO*	CICLO**
CIENTIFICO	COMUN		
HOJA ANCHA			
<i>Parthenium hysterophorus L</i>	Amargosa, estafiate	E	A
<i>Sonchus oleraceus L</i>	Chinita, Borraja, morraja	E	A
<i>Convolvulus arvensis L</i>	Correvuela,	R-T	P
<i>Ipomoea spp</i>	Trompillo, quebraplato	R-T	A
<i>Xanthium stramonium</i>	Chayotillo cadillo	E	A
<i>Polygonum aviculare L</i>	Alambrillo, chilillo	R	A
<i>Titonia tubaeformis (jacq.)Cass</i>	Chotol	E	A
<i>Chenopodium álbum L</i>	Chual blanco	E	A
<i>Chenopodium murale l</i>	Chual morado	E	A
<i>Euphorbia heterophylla L</i>	Lechosa, golondrina	E	A
<i>Rumex crispus</i>	Lengua de vaca	E	P
<i>Malva parviflora L</i>	Malva, quesillo	E	A
<i>Anoda cristata (L) Schltld</i>	Pintapan malva	R	A
<i>Cucumis melo L. var agrestis Naudin</i>	Meloncillo de coyote	R-T	A
<i>Brassica campestris L</i>	mostaza	E	A
<i>Brassica niigra L</i>	Mostacilla	E	A
<i>Sysimbrium irio L</i>	Pamita	E	A
<i>Helianthus annuus L</i>	Girasol, polocote	E	A
<i>Amaranthus spp</i>	Quelite o bleo	E	A
<i>Datura stramonium L</i>	Toloache	E	A
<i>Physallis spp</i>	Tomatillo	E	A
<i>Solanum elaeagnifolium Cav</i>	Mala mujer abrojo de caballo	E	P



NOMBRE DE LA MALEZA		HABITO DE CRECIMIENTO*	CICLO**
CIENTIFICO	COMUN		
<i>Solanum nigrum L.</i>	Hierba mora	E	A
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	R	A
HOJA ANGOSTA			
<i>Phalaris minor Reltz L.</i>	Alpistillo	E	A
<i>Phalaris paradoxa L</i>	Alpistillo	E	A
<i>Avena fatua L.</i>	Avena silvestre	E	A
<i>Cynodon dactylon (L) Pers</i>	Bermuda, grama Huachapore o Zac.	E	P
<i>Cenchrus echinatus L.</i>	Cadillo Zac. cangrejo, pata de gallo	E	A
<i>Digitaria sanguinalis (L) Scop</i>	Zac. cola de zorra	E	A
<i>Setaria verticillata (L) Beauv</i>	Zac. Choneano o de agua	E	A
<i>Echinochloa crus-galli (L) Beauv</i>	Carricillo, Zac. espiga	E	A
<i>Panicum reptans L</i>	Zac. Guiador, gangrene	E	A
<i>Sorghum halepense (L) Pers</i>	Zac. Johnson	E	P
<i>Eragrostis cilianensis (All) Lutali</i>	Zac. apestoso Zac. Pata ganso, pata gallo	E	A
<i>Eleusine indica (L) Gaetrn</i>	Zac. Pata de gallo chica	E	A
<i>Dactyloctenium aegyptum (L) Ritche</i>	Zac. Pinto o de agua	E	A
<i>Echinochloa colona (L) Link</i>	Zac. Salado, liendrilla	E	A
<i>Leptochloa filiformis (Lam) Beauv</i>	Zac. Toboso	E	A
<i>Panicum texanum Buckl</i>			
CYPERACEAS			
<i>Cyperus esculentus L</i>	Coquillo amarillo	E	P
<i>Cyperus rotundus L</i>	Coquillo morado, ajillo, coyotillo	E	P

*Habito: E= erecta; R=rastrera y T= trepadora. ** Ciclo: A= anual, P= perene



Tamayo (2003), reporta que en estudios realizados en el valle del yaqui en siembras de otoño-invierno en las etapas iniciales del desarrollo del cultivo se registraron 22 especies de malezas perteneciente a 12 familias taxonómicas y de las cuales ocho eran malezas de invierno y nueve de verano y cuatro perennes, 11 de hoja ancha anual y una perene y 10 de hoja angosta. De estas especies se encontró en un 73.5 % de las muestras al quelite, 68.1% al zacate Johnson, 19.86 % tomatillo, 17.7 % malva, 15.6 % zacate salado, 14.18 % con correhuela y 12.06 % coquillo, siendo las de mayor incidencia en los sitios de muestreo (figura M25). Alvarado en 1998 citado por Tamayo (2003), reporta que las principales especies de malezas que se presentan en las siembras de maíz en Sinaloa fueron: Quelites (*Amaranthus spp*), Trompillo (*Ipomoea spp*), Zacate cola de zorra o salado (*Leptochloa filiformis*), Huachapore o cadillo (*Xanthium strumarium*), Zacate huilanche (*Digitaria ciliaris*), Golondrina (*Euphorbia spp*), Tomatillo (*Physallis acutifolia*) y Coquillo (*Cyperus spp*).²

Las pérdidas en rendimiento son ocasionadas principalmente por la competencia entre el cultivo y la maleza por agua luz y nutrientes. La intensidad de la competencia entre la maleza y el cultivo depende de factores como las especies de malezas que se presentan su densidad de población la densidad de siembra, época de emergencia de la maleza, sistema de siembra, condición de humedad, nivel de fertilidad del suelo y duración del periodo de competencia siendo en las primeras etapas de desarrollo vegetativo del cultivo las más susceptibles. Así pues, el **Periodo Crítico de Competencia (PCC)** en un cultivo, podrá definirse como el tiempo durante el cual el cultivo permanece en competencia con la maleza por agua luz y nutrientes y que le ocasionan una reducción significativa del rendimiento haciendo necesaria y económicamente factible su control en dicha etapa. En resumen, sería definido como el tiempo mínimo libre de malezas que requiere el cultivo para expresar su máximo rendimiento. Tamayo menciona que en investigaciones efectuadas en las regiones productoras de maíz indican que, en la mayoría de éstas, la libre competencia entre maleza y el cultivo durante los primeros 30 a 45 días de su desarrollo ocasionan plantas cloróticas, poco vigor y de menor altura lo que a su vez ocasionan reducciones en los rendimientos los cuales alcanzan un 24%



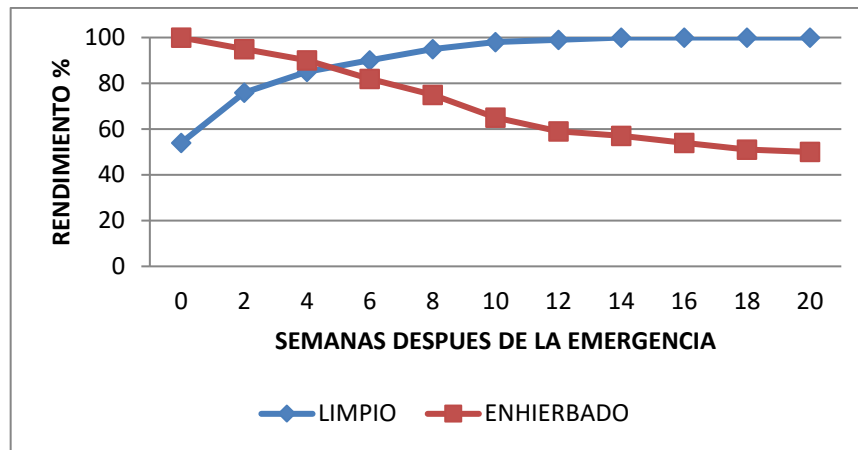


Figura M28.- Periodo Crítico de Competencia del zacate Johnson (*Sorghum halepense*) en Maíz (tomado de Rosales R.E., 2002) Manejo Malezas en Maíz Sorgo y Trigo bajo labranza de conservación. INIFAP. Foll. Tec #24, 2002)

METODOS DE CONTROL:

En el caso del combate de malezas en maíz se sigue recomendando la aplicación de varios métodos de control en el denominado Manejo integrado de Malezas, dentro de los métodos de control podemos aplicar el Control Cultural a través de la siembra de maíz en húmedo lo que nos permitiría la eliminación de la primera tanda de malezas emergidas en el riego de presembrado bajo los sistemas de labranza convencional y reducida y la rotación de cultivos entre otros. El método de Control Mecánico el cual se refiere a la aplicación ya sea de deshierbes manuales con azadón o machete así como la aplicación de pasos de escardas con cultivadora los cuales contribuyen también en el aporque y facilitan la conducción del agua de riego, el número y época del paso de cultivo dependen de la presencia de la maleza, humedad de suelo desarrollo del cultivo y disponibilidad de equipo en este caso son recomendados dar dos pasos de cultivos uno a los 15 a 20 días de emergencia del cultivo y el segunda darlo a los 25 a 35 días el cual puede coincidir con la segunda aplicación de nitrógeno o después del primer riego de auxilio, este puede ser realizado tanto con azadones rotatorios como cultivadoras en V o pata de ganso. Por último, tenemos al Control Químico el cual requiere del conocimiento tanto de la biología y desarrollo de las malezas como para la elección y aplicación eficiente y oportuna de un herbicida. Este control es muy necesario sobre todo en los sistemas de labranza mínima y de conservación donde el uso del control mecánico es restringido. La aplicación de herbicidas en maíz puede hacerse tanto en Presiembra como en Preemergencia y Post emergencia. En presiembra es común la aplicación de Glifosato en dosis que van desde 720 a 2160 g de ingrediente activo para el control de malezas perenes como la correhuela

y el Johnson y coquillo, efectuándose 30 días antes de la siembra por lo que se recomienda evitar mover el suelo por lo menos 15 días después de la aplicación para que el producto sea trasladado a todas las partes de la planta y trabaje más eficientemente la aplicación deberá hacerse en forma oportuna, cuando la malezas se encuentre en pleno desarrollo. En la aplicación de preemergencia esta se realiza sobre todo en siembras en seco sobre la hilera de plantas e incorporase mediante el agua de riego utilizándose productos como el Alaclor, s-Metolaclor, Pendimetalina y **Atrazinas** siendo estas últimas las más comunes en maíz. En las aplicaciones de post emergencia se utilizan productos como el 2,4-D amina, Atrazinas, Dicamba, Fluoroxipir, Nicosulfuron, Prosulfuron, Halosulfuron y Tropamezone y mezclas entre ellos



Cuadro M20.- Principales herbicidas recomendados en Post y Preemergencia en maíz.

HERBICIDA	DOSIS	APLICACIÓN
NICOSULFURON (ACCENT/SANSON)	40 53 g/ha	Hoja angosta y ancha, no aplique con organofosforados
PROSULFURON PEAK 57 WG	40 g/ha	HOJA ANCHA ANUAL Y PERENES
PICLORAM+ 2,4-D CROSSER	1,0 a 1,5 l/ha	HOJA ANCHA
HALOSULFURON SEMPTRA / PERMIT	30 A 60	COQUILLO Y ANCHA
FORAMSULFURON+ IODOSULFURON metil sodio MAIS-Ter	150-175 g/ha	HOJA ANCHA Y ANGOSTA
2,4-D AMINA+ DICAMBA	240+ 96	IDEM
ATRAZINA + 2,4-D AMINA ATREX + ESTAMINE	500+ 480	HOJA ANGOSTA Y ANCHA
BENTASON (BASAGRAN 480)	750 A 950	HOJA ANCHA
PARAQUAT + DIURON GRAMOCIL	2 L/HA (COM)	HOJA ANCHA (NO SELECT)
TROPAMEZONE' CONVEY	100 cc (COM)	HOJA ANCHA Y ANGOSTA 3-5 cm
AMICARBAZONE ORION 7 GD	0,5 a 1,0 kg/ha	HOJA ANCHA Y ANGOSTA
ISOXAFLUTOLE+THIENCARBAZONE (ADENGO)	250-350 cc/ha	HOJA ANCHA Y ANGOSTA
AMINOPYRALID+2,4-D TRUNKER CS	1,5 l/ha	HOJA ANCHA
TEMBOTRIONE (LAUDIS)	300 cc/ha	hoja angosta y ancha
AMETRINA+ATRAZINA GESAPAX COMBI 80 PH	2,0 a3,0 kg/ha	HOJA ANCHA
MESOTRIONE CALLISTO 480	300 g/ha	HOJA ANCHA Y COQUILLO
DIMETENAMIDA+SAFLUFENACIL INTEGRITY CE	1,25 a 1,50 l/ha	HOJA ANGOSTA Y COQUILLO
FORAMSULFURON+IODOSULFURON (MAISTER)	150 a 170 g/ha	HOJA ANCHA Y ANGOSTA
DIMITENAMIDA-P FRONTIER 2X	1,0 a 1,25 l/ha	HOJA ANCHA Y ANGOSTA
RIMSULFURON (TITUS, MATRIX)	40 a 50 g/ha	HOJA ANCHA Y ANGOSTA



También se pueden utilizar las mezclas de varios de ellos ya sea como pre emergentes o pos emergentes como: s-metolaclor + terbutyl + mesotrione en dosis de 1250+750+150 g *ia*/ha en pre emergencia; s-metolaclor + mesotrione en dosis de 100 + 120 g *ia*/ha; en post emergencia temprana (cuando la maleza apenas haya emergido y el maíz tenga dos a tres hojas; mesotrione+ nicosulfuron en dosis de 113+ 45 g *ia*/ha en aplicaciones de post emergencia entre otras mezclas.

En el caso de maíces transgénicos las aplicaciones se realizan de la siguiente manera:

En el caso de Híbridos **Clearfield** APLICAR Imazethapyr, EN DOSIS DE 50 A 60 g *i.a.* cuando se tenga malezas con una altura DE 50 CM.

En el caso de híbridos con el gene LIBERTY Aplicar **Glufosinato** en dosis de 350 a 450 g de *i.a.* desde la emergencia hasta una altura de 60 cm

En los híbridos con el gene **Round Ready** Aplicar **GLIFOSATO max** en dosis de 600 a 800 g de *i.a.* desde emergencia hasta la etapa V8 o con una altura de 75 cm



PLAGAS DEL CULTIVO DEL MAÍZ

Biol. Pedro Ávila Salazar

El maíz es un cultivo que es visitado por un gran número de insectos y que ocasionan pérdidas considerables en el rendimiento y calidad año con año y que incrementan los costos de producción en las acciones que se toman para su control. Pacheco menciona que alrededor e 22 especies de insectos pueden presentarse en el cultivo del maíz pero que unos pocos son los de mayor importancia, como es el caso del gusano cogollero en el sur de Sonora. En el ciclo se dan alrededor de dos aplicaciones por temporada siendo común aplicar una para el control de cogollero (Pacheco, 1985). Se estima que las plagas de insectos provocan perdidas promedio de 30% en México, aunque en ciertas condiciones los daños son tan severos que las perdidas pueden ser totales. (Rodríguez del Bosque y A. Marín Jaramillo, 2008).

GUSANO TROZADOR

Durante las primeras 3 semanas de desarrollo normalmente se pueden presentar los primeros problema con Gusanos trozadores, sin embargo, el mayor daño lo ocasionan durante las dos primeras semanas de emergencia (Borbon-Garcia et.al., 2011) los cuales atacan a las hojitas de las plantas recién emergidas pudiendo ocasionar un daño total en la plántula, que amerite su resiembra, generalmente se presenta en manchones. Dentro de las especies que se pueden presentar en maíz tenemos a *Agrotis épsilon*, *A. malefida*, *Euxoa auxiliaris*, *Peridroma saucia*, *Feltia subterránea*, *Spodoptera ornithogalli* y *S. praefica* (Pacheco, 1985). Una sola larva puede ocasionar daño a todas las plántulas en varios metros del surco, normalmente se localizan en pequeños focos de infestación siendo más común en las orillas del cuadro, solo en caso de altas infestaciones, cuando se encuentre una o más plantas dañada por mero lineal y se encuentre larvas enterradas (5 cm de profundidad) junto a la línea de planta es recomendable hacer aplicaciones de insecticidas, ya sea al follaje o mediante la aplicación de cebos envenenados en los focos de infestación.

GUSANO SALTARIN (*Elasmopalpus lignoselus*)

Aunque es considerada como una plaga secundaria en el cultivo del maíz, es común ver su presencia sobre todo en siembras tardías y siembras de verano, suelos arenosos sobre todo en plantas estresadas. La larva es de 10-15 mm largo de color verde-azuloso o verde pálido, con 9



franjas transversales de color rojo-purpura o moradas. Una característica de la larva es que al tocarla se mueve rápidamente contorsionándose por lo que le viene su nombre, su daño se localiza unos dos centímetros arriba de la superficie del suelo o a nivel del suelo oradando a la plántula y alimentándose de su parte interna, la plantita se seca y muere el daño y la presencia de esta plaga se manifiesta por una bolsa sedosa que engloba partículas de tierra y excremento de la larva, colocada precisamente en el punto de entrada de la misma, puede atacar también sorgo, frijol, soya cacahuate entre otros. Su daño se presenta en forma esporádica por lo que en la mayoría de los casos no requiere su control, un buen tratamiento a la semilla con insecticidas sistémicos ayuda a su control



Figura M29.- Daño y larva en el tallo de gusano saltarín en maíz, centro: Ninfa y adulto de *Thrips* y derecha adulto de pulga negra en hoja de maíz y su daño

THRIPS (*Caliothrips phaseoli*)

Esta plaga es más común en el sur de Sonora que el thrips del cogollo en maíz particularmente en siembras de primavera, donde los adultos emigran al maíz de otras hospedantes; los ataques más fuertes acontecen desde la emergencia de las plántulas hasta que éstas alcanzan una altura de 30 cm, el daño lo ocasionan tanto los adultos como las ninfas al raspar el tejido de la hoja en el envés produciendo cicatrices, que en conjunto le dan a la planta un aspecto cenizo (Pacheco, 1985). Rara vez sus poblaciones son muy altas, en infestaciones



moderadas se recomienda la aplicación de riego y fertilizante que favorezca el desarrollo de la planta y sobrepase el daño sin mermas en el rendimiento, además que se presenta un buen control biológico que evita la aplicación de insecticidas.

PULGA NEGRA (*Chaetocnema ectypa*)

Estos insectos pueden presentarse a inicio del desarrollo de la plántula de maíz ocasionando daño a las primeras hojas que emergen del suelo, rasgándolas y dejando pequeñas perforaciones de color claro, es muy común su presencia en el maíz y en el sorgo en el sur de Sonora. Su daño se presenta comúnmente en las primeras semanas de la emergencia de las plántulas, los adultos ocasionan el daño principalmente en las hojas tiernas. En ataques severos se pueden encontrar cientos de adultos por planta, haciendo que ésta restrinja su crecimiento. Las temperaturas frías retardan el crecimiento de las plantas de maíz, haciéndolas más susceptibles al ataque de esta plaga. (Pacheco, 1985). Esta plaga es capaz de transmitir la enfermedad SWD (Stewart's Wilt Disease) causada por *Xanthomonas stewarti*. En Kansas, a pesar de que su presencia es reciente se recomienda aplicar insecticidas para su control cuando se encuentren más de dos adultos por planta chica antes de **R₅** (Leo Espinoza y Jeremy Ross, Univ. of Kansas Pb. M437).

GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*)

Es la plaga de mayor importancia en el cultivo del maíz en la mayoría de las zonas productoras. Esta plaga se encuentra ampliamente distribuida en todas las regiones tropicales y subtropicales del continente americano. En México se encuentra prácticamente en todas las regiones donde se cultiva maíz. Es considerada como una de las plagas más voraces y dañina en el maíz (Rodríguez y de León, 2008) En Sonora viene a ser la plaga más importante sobre la cual se efectúan la mayoría de las aplicaciones. El daño lo ocasionan las larvas que se alimentan especialmente del cogollo de las plantas, provocando perforaciones y desgarraduras en las hojas a medida que las mismas se van desarrollando. En plantas pequeñas y hasta con una altura de 40 a 60 cm aproximadamente, corta el cogollo por la base el cual se presenta seco y al jalarlo se desprende, en plantas demasiado pequeñas puede llegar a ocasionar la muerte, La presencia de la larva se manifiesta por la acumulación de excremento en el cogollo, a veces demasiado húmedo. En planta adulta su daño lo ocasiona cuando se encuentra en la madurez del grano, puede penetrar a la mazorca en su porción media lateral



produciendo un orificio que puede llegar hasta el olote. La hembra puede llegar a depositar hasta 1000 huevecillos en grupos de 50 a 100 como promedio, cubiertos por una pelusa blanquecina procedente del cuerpo de la hembra, la larva eclosiona pasando por seis estadios larvarios las larvas son de hábitos canibalísticos, razón por la cual generalmente se encuentra una sola larva por cogollo.



Figura M31.- Larva de cogollero y su Daño en maíz, mostrando las típicas horadaciones simétricas en las hojas y el daño en el cogollo.

Su control debe de efectuarse cuando se encuentre un 10 % de plantas dañadas y el cultivo tenga menos de 20 cm de altura (Ortega y cols., 2003; Cortez y Mondaca; Borbón-García *et al.*, 2011) o cuando se encuentre de un 20 o 25 % de plantas con daños frescos y el cultivo se encuentre en etapas tempranas, plantas con altura entre 20 y 40 cm. Para su control se pueden realizar aplicaciones después de los primeros 15 días de desarrollo en áreas con mucho problema y repetir a los 10 a 12 días después, pudiéndose requerir hasta 3 aplicaciones. Es aconsejable la utilización de insecticidas granulados dirigidos al cogollo en áreas pequeñas y/o aspersiones terrestres con alto volumen de agua que nos asegure una penetración en el cogollo. El control es más seguro en larva L2-L3 ya que instares mayores son menos controlables. Dentro de los insecticidas recomendados tenemos a: Benzoato de emamectina (Denim) en dosis de 100 g/ha, Spinosad (Spintor) 100g/ha, Spinoteram (Palgus) 100 g/ha, Spinosad 300-500ml/ha, Methoxyfenozide (Intrepid) 125-175 ml/ha, Tebufenozide (Confirm) 250 cc/ha, Diflubenzuron (Dimilin) 250 cc/ha, Novaluron (Rimon/Salsa) 100 g/ha, Clorantranilipol /Coragen 75 a 125 cc/ha, Flubenndiamide (Belt 39) 100 a 125 cc/ha (Cortez-Mondaca, 2019).

http://www.cesaveson.com/files/docs/eventos/trigo-maiz-frijol/PLAGAS_MAIZ_TRIGO_FRIJOL_PARTE1.pdf



CHICHARRITA DEL MAÍZ (*Dalbulus maydis*)

El daño principal que ocasiona esta plaga no es en forma directa sino a través de la transmisión de un Espiroplasma que es el responsable de causar la enfermedad conocida como Achaparramiento del maíz (hoja colorada) que se manifiesta con hojas cloróticas y

rojizas con brotes en el tallo. También es transmisora de la enfermedad viral “**Rayado Fino del Maíz**” causado por un *Marafivirus*, las que pueden ocasionar pérdidas de hasta un 25% en el rendimiento.

MOSCA DE LOS ESTIGMAS (*Euxesta stigmatias*; *Chaetopsis massyla* y *Eumecosomia nubila*)

Las larvas y adultos se alimentan de una gran variedad de plantas, incluyendo hortalizas como maíz



dulce, papa y tomate y cultivos como el maíz, sorgo, caña de azúcar y frutales como el plátano guayaba y naranja. Sin embargo, tiene gran preferencia por maíz dulce como dentado causándole daños severos (University of Florida, 2011). Esta plaga era considerada de las áreas tropicales del hemisferio oeste, se encontraba principalmente en el sur de Florida (Estados Unidos), Puerto Rico y las Islas Vírgenes, pero en años recientes se ha esparcido y ya se tienen antecedentes de su presencia en Sinaloa. Esta plaga puede disminuir la

producción de grano hasta en 95%. El adulto deposita los huevecillos (alargados de color blanco de 1 mm de long.) en los estigmas del jilote, en donde las larvas emergen y se alimentan de los estigmas; obstruyen la polinización; se alimentan de granos, lo que causa malformación de éstos y los deja susceptibles al ataque de hongos, hasta ocasionar la pudrición total de la mazorca (Meza Ponce y Angulo Santos, FPS-CVTTS). Investigaciones realizadas han determinado que cultivares de maíz con alto contenido de “maysin” (repelente natural de insectos plaga) en los estigmas poseen algún nivel de resistencia a la plaga, así como los maíces con fructificaciones con brácteas bien cerradas restringen la introducción de algunos insectos como el gusano elotero, que propicia la presencia de la mosquita pinta. La mosquita de los estigmas es un insecto plaga de importancia económica a la alza en Sinaloa, situación propiciada en parte por la abundancia y prolongada permanencia del cultivo de maíz; la generalización del control químico para su combate, de manera desordenada, incrementaría gravemente la problemática con muy negativas consecuencias (Cortez

Mondaca, Recomendaciones Para El Manejo De Las Principales Plagas Insectiles Del Maíz En El Norte de Sinaloa, en Jornada de Manejo Sustentable del Cultivo del Maíz, FPS-CVTTS)



Figura M32.- Daño de mosca de los estigmas o mosca pinta (*Euxesta stigmatias*) en la panoja (flores masculinas) y mazorca de maíz en los estigmas y granos de maíz

GUSANO ELOTERO (*Helicoverpa zea*) foto de www.fitochapigo.com/2010/01/gusano-elotero.html

El daño que ocasiona esta plaga en la mazorca, así como la del gusano cogollero y mosca de los



estigmas son puntos de entrada para la proliferación de hongos causantes de la pudrición de la mazorca y que producen micotoxinas como en *Aspergillus* que produce las aflatoxinas que son sustancias cancerígenas. Es una plaga de importancia en las regiones tropicales y subtropicales de México. Su presencia es común en los estados del noroeste en siembras de otoño invierno en maíces blancos donde

se pueden registrar infestaciones de un 50 % en elote; no obstante, el alto porcentaje de infestación se considera antieconómico el uso de insecticidas para su control sobre todo en la producción de grano, pero es importante su control en la producción de maíz dulce. Su principal daño lo ocasionan en la destrucción de los granos en elote en la porción terminal y bajo condiciones de alta humedad provocan la pudrición de la mazorca sin embargo este problema es menos acentuado en regiones con clima seco como Sonora. La aplicación de productos en ocasiones agrava el problema al suprimir la fauna benéfica que podría mantener en niveles bajos a esta plaga. La liberación de *Trichogramma* poco antes de jiloteo y en floración, así como la utilización de híbridos con mazorca cerrada pueden disminuir su daño significativamente.

ENFERMEDADES DEL MAÍZ

Jesús M. Ávila Salazar
Fco. José Rivas Santoyo

De León (1984) publicó una guía de campo ilustrada para la identificación de las enfermedades más importantes del maíz y menciona 44 enfermedades causadas por hongos, tres por bacterias, 10 por virus y una por "mollicutes" (*Mycoplasmas*). Algunas enfermedades son universales y ocurren en casi todos los ambientes en que se cultiva el maíz; estas incluyen los tizones, las royas y las manchas de las hojas y del tallo y la pudrición de la panoja. Hay algunas enfermedades que son de importancia regional pero que pueden causar importantes pérdidas económicas como por ejemplo el "Enanismo en México y Centro y Sud América (citado por Paliwal, 2012, FAO)

CARBON DEL MAÍZ (*Ustilago maydis*) (foto: www.apsnet.com, Courtesy L. du Toit)

IMPORTANCIA ECONOMICA: La reducción de las cosechas depende de la intensidad de la



infección y de las condiciones climatológicas. Las pérdidas han sido mayores en regiones secas y de clima caliente. En general, las pérdidas oscilan entre 2 a 15%. En Sonora se presenta con frecuencia en las regiones de la sierra.

SINTOMAS: La fase más característica de la enfermedad es la formación de agallas sobre la parte aérea de la planta, incluyendo tallos, hojas, yemas axilares, espiga y mazorcas.

Las agallas pueden alcanzar una longitud de un decímetro o más. Al principio son de color claro, casi blancas. Al madurar las agallas, la membrana externa se rompe, exponiendo una masa pulverulenta de color negro, constituida por las teliosporas. El organismo causante es *Ustilago maydis* (DC) Cda. El ciclo biológico del hongo se inicia al germinar las teliosporas que son equinuladas, esféricas y negras, produciendo un promicelio tabicado portador de esporidios (basidiosporas) unicelulados y uninucleados. Al fusionarse dos esporidios compatibles, producen un micelio binucleado que es el que penetra a la hospedera. En ocasiones, la formación del micelio binucleado se retrasa hasta después de la penetración a la hospedera de dos hifas uninucleadas procedentes de esporidios simples, que se fusionarán dentro del huésped. La producción del micelio binucleado es esencial para el avance del hongo, generalmente en forma intercelular,



formándose las teliosporas dentro de los tabiques del micelio (por esta característica las teliosporas son llamadas clamidísporas, pero es incorrecto, porque las clamidísporas son esporas asexuales). Se han reportado numerosas razas fisiológicas del patógeno. Las condiciones favorables para la germinación de teliosporas y basidiosporas, así como para la infección son temperaturas de **26 a 34° C**. Las condiciones de humedad apropiadas para el desarrollo del maíz son generalmente suficientes para la germinación de esporas y para la infección.

CONTROL:

1. El uso de variedades resistentes o tolerantes es la medida más recomendable. Los maíces del tipo dentado son más resistentes que los tipos harineros, siendo los maíces dulces altamente susceptibles.
2. La desinfección de la semilla carece de importancia para el combate de la enfermedad.
3. La rotación de cultivos por tres o más años es igualmente recomendable.
4. La aplicación de fungicidas al follaje, aunque no es una medida muy utilizada, controla eficazmente a esta enfermedad.

ACHAPARRAMIENTO DEL MAÍZ: Esta enfermedad es causada por dos tipos de organismos: fitoplasma Mayze Buhse Stunt Disease (MBSD) y la otra causada por un espiroplasma Corn Stunt Spiroplasma (CSS) *Spiroplasmakunkellii*.

SÍNTOMAS: Estos patógenos producen estrías cloróticas en la base de las hojas, principalmente nuevas con enrojecimiento de sus márgenes, enanismo de las plantas, acortamiento progresivo de entrenudos superiores y proliferación de mazorcas, que en general se ven pobremente formadas. La sintomatología varía según las condiciones climáticas, el cultivar y la presencia conjunta con otros patógenos. Estas enfermedades son transmitidas a la planta de maíz por la chicharrita del maíz (*Dalbulus maidis*),



Figura M35.- Planta de maíz con los síntomas de la enfermedad Achaparramiento del maíz u hoja colorada (CIMMYT)

ROYA O CHAHUIXTLE (*Puccinia sorghi*, *P. polyspora*).

Hay tres tipos de royas de importancia económica que atacan al maíz: la roya común, la roya del sur y la roya tropical. La roya común prevalece en ambientes frescos y tierras altas y la roya del sur es una enfermedad de tierras bajas y ambiente cálido. Estas royas tienen, a veces, una distribución estacional: la roya común aparece al inicio de la estación del maíz y la roya del sur aparece, por lo general, al final del ciclo, cuando las lluvias. La roya tropical es más irregular en su distribución (Palawi, 2012.FAO). La reducción del rendimiento del grano en maíz provocada por la roya depende de la severidad de la enfermedad y entre más temprano se presente, pudiendo llegar a un 45 % de pérdida. En México se presentan dos especies de *Puccinia* en las zonas maiceras: la llamada **Roya Común del Maíz** causada por *Puccinia sorghi* y la **Roya Sureña del Maíz**, causada por *P. polyspora*. Su presencia es favorecida por un exceso de humedad (en fechas tempranas de cultivos) o por las brisas matutinas de marzo y abril (en fechas tardías). Afecta el follaje de la planta, manifestándose por la presencia de pústulas de color rojo oscuro o rojo anaranjado dependiendo de la especie, siendo las pústulas de *P. sorghi* más oscura y redondeada, presentándose, tanto en el haz como en el envés de la hoja, las pústulas son menos densa que las de *P. polyspora* las cuales se presentan en el haz como pústulas más densas y de color más claro. En el sur del estado es una de las dos enfermedades foliares con mayor incidencia, siendo más severa en la región del fuerte-mayo que en el valle del yaqui (Ramírez-Arredondo, 2021). Su control a base de fungicidas es poco recomendable por los costos, sin embargo, los productos que se pueden utilizar para su control podemos mencionar a: Propiconazole, Azoxistrobina, Tebuconazole, como curativos y Clrotalonil y Penconazeb y Dithane como preventivos (Tamra A. Jackson, 2008. University of Nebraska pub. G1680).

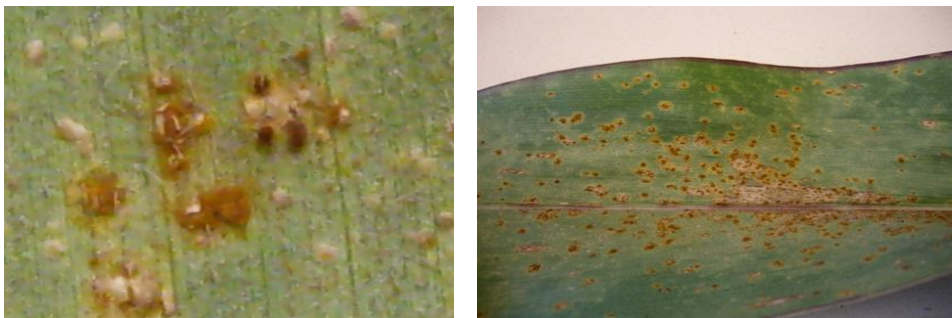


Figura M36.-Pústulas de *Puccinia polyspora* en hojas de maíz

PUDRICIÓN DE TALLOS

Las pudriciones del tallo tienen importancia en casi todas las áreas en que se cultiva el maíz. La enfermedad aparece después que se ha iniciado la fase de elongación de la planta. Los patógenos de la pudrición del tallo son varios hongos y bacterias, muy a menudo en forma combinada. Los ataques se pueden producir en plantas jóvenes en estado de crecimiento activo antes de la floración o incluso después de ella. La enfermedad causa un secado prematuro de la planta, la rotura del tallo y la muerte de la planta y ocurre en todos los ambientes en que se cultiva el maíz: en climas fríos o cálidos, en tierras bajas, de media altitud o altas, en climas secos o húmedos. Sin embargo, es más importante en climas cálidos con temperaturas por encima de 30°C, alta humedad y altos niveles de fertilidad, crecimiento exuberante de la planta y alta densidad. Estas condiciones crean una excelente atmósfera para el crecimiento de hongos y bacterias (Paliwal, 2012. FAO)

En los últimos años en Sinaloa se ha incrementado la incidencia de este tipo de enfermedades, generalmente causada por hongos como *Fusarium* y *Macrophomina*. En un estudio de este problema, se encontró que *Fusarium* está distribuido entre el 70 y el 84% de los lotes de maíz y *Macrophomina phaseolina* alrededor del 1%. En un estudio realizado en las áreas maiceras en Sinaloa (Culiacán, Ahome y Elota), en donde se colectaron plántulas, tallos y mazorcas de maíz se obtuvieron un total de 116 cultivos monospóricos (25 plántulas; 36 planta adulta y 55 de mazorca) de estas se encontró en 70 (60,34%) la presencia de *F. verticilloides*, indicándose de esta manera como la principal especie de *Fusarium* que causa pudrición en raíces y tallos en maíz en Sinaloa (Velarde-Félix *et.al.*, 2018; López *et.al.*, 2014), y en segundo lugar *F. oxysporum* con un 30,17%, en total se identificaron siete especies de *Fusarium* (*F. verticilloides*, *F. oxysporum*, *F. subglutians*, *F. equiseti*, *F. nygamai*, *F. andiyazi* y *F. cf bullatum*) (Velarde-Felix *et.al.*, 2018). Estos hongos afectan los tejidos vasculares del tallo. Las plantas afectadas por pudrición de tallos pueden quedar achaparradas y raquílicas, lo que reduce su potencial de rendimiento; las mazorcas son pequeñas y no llenan todos los granos. Cuando el daño es fuerte algunas plantas pueden llegar a morir. También se ha detectado por el hongo *Fusarium* en los granos, con daño de hasta el 14% de la mazorca. Para su control se recomienda la rotación de cultivos por lo menos durante dos ciclos, La incorporación de residuos de cosecha en el verano y la aplicación de organismos antagónicos como *Trichoderma*, o la aplicación de fungicidas sistémicos a base de **Procloraz** (2-



tiocianometilbenzotiazol) u otro similar en el agua de riego (J. A. Quintero Benítez y M. Á. Apodaca Sánchez, FPS-CVTTS, 2010) En el caso de *Fusarium* este se presenta después de la formación de elote (R3), las plantas afectadas presentan una coloración café en la base de los tallos, se mueren y acaman. Los daños se pueden reducir al evitar la aplicación excesiva de nitrógeno, la sobrepoblación de plantas y el exceso de humedad en el suelo. El tratamiento a la semilla con Carboxin + Thiram (Vitavax) es una forma efectiva de prevenir esta enfermedad en ambas enfermedades se requiere de temperaturas de 25 a 30°C.



Figura M37 .- Pudrición de tallo ocasionada por *M. phaseolina* a la izquierda y *Fusarium* a la derecha <http://www.ent.iastate.edu/imagegal/plantpath/corn/fusarium/0093.16fusariumrot.html>

PUDRICION DE LA MAZORCA: (*Fusarium spp*, *Penicillium spp*, *Aspergillus spp*)

La pudrición de la mazorca y de los granos puede ser causada por el hongo *Fusarium moniliforme* y *F. m. subglutinans*. El patógeno entra a través de los estigmas en el extremo de la mazorca; la infección permanece limitada por un cierto tiempo a algunos granos o a una parte de la mazorca y en los granos se desarrolla un moho pulverulento o algodonoso blanco-rosado. Los gusanos elotero y cogollero del maíz contribuyen al establecimiento del patógeno sobre los granos, pudiéndose observar el moho creciendo en las galerías hechas por los insectos. Existe una pudrición de la mazorca causada por el hongo *Penicillium spp*. Esta enfermedad se desarrolla sobre las mazorcas dañadas mecánicamente o por insectos. El síntoma característico es un moho pulverulento de color verde o verde azulado que crece sobre y entre los granos, comenzando por la punta de la mazorca, y que puede encontrarse también sobre el olote. Otra pudrición de la mazorca es causada por varias especies del género *Aspergillus*; la pudrición causada por *Aspergillus flavus* es la más importante porque participa en la producción de al menos dos tipos de micotoxinas -en este caso llamadas

AFLOTOXINAS del maíz (Aflatoxinas **B-1**, **B-2**, **G-1** y **G-2**). *Aspergillus niger* es la especie más difundida y origina una masa de esporas pulverulentas negras. Otras especies producen un crecimiento de color verde amarillento o bronceado sobre y entre los granos. Normalmente los granos en la punta de la mazorca son los que se infectan primero. (Widstrom, McWilliams y Wilson, 1984; CIMMYT, 1992).



Figura M38.- Pudrición de mazorca producida por: *Fusarium spp*; *Aspergillus spp* (Univ. of Illinois-at Urbana-Champaign, Crop Science)

TIZON FOLIAR DE MAIZ



El tizón foliar en maíz es una enfermedad muy común en las siembras de maíz en el mundo, también se la conoce como Tizón Foliar del Norte del maíz. Aunque su presencia se desconocía en las siembras del noroeste de México, en los últimos años se ha venido presentando en las siembras de maíz del norte de Sinaloa, sobre todo en las áreas costeras y cercanas al cauce de ríos. En el ciclo agrícola 2012/2013 se reportó su presencia en varios lotes de maíz en la región agrícola de Ahome y el Fuerte, aumentando su presencia en el siguiente ciclo, tanto en la Región de Ahome como del Fuerte, causando pérdidas hasta un 50% en el rendimiento (Herrera-Rodríguez *et al.*, 2014).

A través de un estudio sistemático llevado a cabo por Félix-Gastelúm y colaboradores en 2014, se corroboró que esta enfermedad es causada por el hongo *Exserohilum turcicum* Pass. Leonard y Suggs (sinónimo *Helminthosporium turcicum*)

Este hongo también se encontró asociado al tizón foliar del sorgo, ya que también se reportó su incidencia en parcelas de sorgo en el estado de Tamaulipas (Garza-Caballero *et al.*, 2012)

La infección por lo general inicia en las hojas inferiores y cuando la infección progresa el hongo invade las hojas superiores. Los primeros síntomas consisten en manchas cloróticas ovaladas-alargadas, estas lesiones crecen en forma paralela a las nervaduras en forma alargada angostándose en la punta (2-15 cm), cubriendo gran parte de la superficie de la hoja, las manchas se transforman posteriormente en zonas necróticas. Cuando los síntomas son severos puede causar atizonamiento total del follaje en los híbridos susceptibles (CIMMYT, 2014). Para su incidencia se requiere condiciones favorables como: tener varios días con una alta humedad relativa por un periodo largo de tiempo (> 10 h) combinados con temperaturas frescas entre 17 y 28 °C.

En cuanto el uso de materiales resistente a esta enfermedad, en un ensayo llevado a cabo en la región agrícola de Ahome se reporta que los híbridos de maíz: **P3254W**, **DK3000**, **DK2038**, **SYN2023** y **N101**, mostraron ser los más susceptibles a *E. turcicum*. En cambio, los híbridos P3258W, DK-2030, GARAÑÓN, GORILA, SULTAN, MAXIMO, XR47, XR56, XR66, DAS 2308, DAS 2310 mostraron un mayor grado de resistencia a la enfermedad (Herrera-Rodríguez *et al.*, 2014).

En cuanto al control químico, la aplicación de fungicidas del grupo de los Triazoles y Strobilurinas han mostrado ser efectivas en la reducción de la enfermedad cuando se aplica en forma adecuada y a tiempo. La aplicación de (*tebuconazol*), Vivarus EC (*pyraclostrobin*) y Amistar (*azoxistrobin*), ejercieron un control adecuado en el control de la enfermedad, pues el área foliar dañada en parcelas comerciales asperjadas con dichos fungicidas varió de 3.8 a 5.3%, en contraste, con las parcelas testigo sin aplicación, las cuales mostraron un área foliar dañada de 15.3 %. (Herrera-Rodríguez *et al.*, 2014)



COSECHA

La época de cosecha de maíz depende del destino de su producto, así si queremos cosechar maíz para la producción de forraje éste debe ser cosechado cuando se inicie el periodo de muñequero o sea cuando aparezcan los primeros jilotes (Jiloteo) para lo cual se mete la picadora de forraje para su consumo como verde picado o para ser ensilado. En el caso de la cosecha para su consumo en fresco aquí se debe tener especial cuidado de la época de cosecha ya que se prefieren mazorcas con granos blandos y no duros o demasiados tiernos, con alto contenido de agua, en este caso hay que revisar el cultivo haciendo un muestreo para determinar la etapa fenológica adecuada que viene a ser entre **R4 y R5** que es cuando el grano se encuentra entre un masoso lechoso la línea que divide el almidón y la fase lechosa se encuentra más o menos a la mitad del grano o un poco más arriba.

En el caso de la cosecha para grano hay que considerar que la madurez fisiológica en el maíz se alcanza cuando el grano posee un 35 % de humedad y se caracteriza al aparecer la zona negra, que es una mancha negra o parda que se forma en la base del grano cerca de la unión con el olote, a partir de esta etapa el grano empieza a perder humedad por lo que se debe de cortar el maíz cuando el porcentaje de humedad en el grano sea de 25 % o menos, pudiéndose hacer en forma manual y dejar secar las mazorcas pero en un área descubierta donde el paso de aire sea libre para posteriormente ser desgranado, el tiempo de secado se hará más lento entre más tandas de mazorca sean apiladas, además que se promovería la pudrición de mazorcas y daño por roedores. En grandes extensiones la cosecha puede iniciarse con esta humedad ya que por día se pierde el .33% del rendimiento final. Lo ideal es cosechar el maíz cuando el grano tenga entre un **15 o 18%** de humedad ya que a mayor humedad se pueden ser acreedores a un castigo en la recepción del grano o se aumenta el costo de producción ya que se hace necesario el secado del grano, la humedad óptima para el almacenamiento del grano debe ser entre 12-14 % .En siembras de agosto en el sur del estado la cosecha podría efectuarse en el mes de enero pero la humedad del grano andaría alrededor del 30% por lo que el secado sería necesario esta cosecha temprana permitiría la rotación con algodón y/o cártamo en cambio siembras posteriores se cosecharían en el mes de marzo pudiéndose rotar con maíz de varano o soya (Ortega y cols., 2003) en el caso de las siembras de primavera (marzo), la cosecha es en julio y agosto; la presencia de lluvias en esta época puede ocasionar pudrición de grano en la punta de la mazorca, bajar calidad del producto y retrasar la



cosecha. En resumen se puede decir que: La decisión de cuándo comenzar la cosecha debe basarse en conceptos económicos y técnicos, al considerar el costo del cultivo, probable pérdida de rendimiento por atraso de la cosecha, riesgo de lluvias, necesidad del terreno para establecer otro cultivo, etcétera, pudiendo cosechar desde 15% hasta el 24% de humedad (Barrera Soto, INIFAP-CIRNO-CEVF Agenda Tec.6^{ta} ed., 2003) La cosecha en el sur del estado de Sonora y en Sinaloa se hace principalmente con la combinada o cosechadora de granos con cabezal para la cosecha de maíz, los cabezales están diseñados para trabajar a diferentes separaciones de surcos según la marca y modelo del equipo, esto se debe tener en cuenta al momento del surcado en la siembra ya que se debe tener la misma separación que el cabezal de la combinada que será utilizada en la cosecha (Cota A., Ortega y cols., 1989). Para evitar que el grano se quiebre y se tengan pérdidas por desgrane incompleto (que quede grano en el olote y se pierda), es indispensable que se realicen los ajustes pertinentes a la combinada en el cabezal, cilindro y velocidad del cilindro y avance.

Nota en el caso de la conversión de bushel /acre a toneladas por hectárea de grano de maíz, hay que multiplicar por 62.71, ejemplo: una producción de 120 bushel/acre de grano de maíz correspondería a un rendimiento de 7.53 ton/ha aproximadamente considerando un 15.5 % de humedad en el grano



Figura M39.- Etapa de la planta de maíz para Cosecha como forraje (Izquierda) y para grano (Derecha)

LITERATURA REVISADA

- Acevedo Francisca, A. Barrios, C. Mota, O. Oliveros, J. Larson, C. Aguilar, N. Moreno. 2008. Información Biológica-Agronómica Básica Sobre Maíces Nativos y sus Parientes Silvestres. Documento 1 de Trabajo Para el Taller: Agrodiversidad en México: El caso del Maíz. Instituto Nacional de Ecología INE; SAGARPA –CONABIO-CARB-PRBC, México Junio5 de 2008
- Andrade F. H, L. Echarte, R. Rizzalli, A. Della Maggiora, and M. Casanovas Kernel 2002. Number Prediction in Maize under Nitrogen or Water Stress. *Crop Sci.* 42:1173–1179
- Apodaca Sánchez M. Á., J.A. Quintero Benítez. Pudrición de Mazorca. En: Jornada de Manejo Sustentable del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA, Gob. de Sinaloa. p 71-77
- Armenta Bojórquez Adolfo Dagoberto, J. R. Camacho Báez, F. López García Fertilización y Densidad de Siembra en Maíz en el Norte de Sinaloa. En: Jornada de Manejo Sustentable del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA, Gob. de Sinaloa. p 33-39
- Avila-Casillas Eva. 2015. Maíz. en: Pimentel-Alvarado Oscar y Salvador Delgadillo-Alderete. Agenda Técnica Agrícola Baja California: Paquetes Tecnológicos. SAGARPA-SENASICA-INIFAP. Pp 65-72
- Babnik D., J. Susin, J. Verbic. 2002. The Effect of Nitrogen Fertilization on Maize on Protein Concentration and In Vitro Fermentability of Grain. *Journal of Central European Agriculture* Volume 3 (3):159-168.
- Bedoya C.A., V.H. Chávez Tovar. 2010. El Teocintle: el ancestro del Maíz. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA) México D.F. Claridades Agropecuarias, N° 201:32-42
- Bertolini Roberto.1990. El Maíz. Agrogúías Mundi-Prensa. Mundi-Prensa. Madrid, España
- Bessin Ric. 2003 Corn Leaf Aphid. University of Kentucky College of Agriculture. UK Coop. Ext. Service. ENTFACT-126.
- Borbón-García A., D. González-González, J. Macías-Cervantes, J. Pérez-Márquez, E. Cortez-Mondaca, J. Ureta-Téllez, H. Astengo-Cázares, J. Valdez-Amaya. 2011. Recomendaciones para el Cultivo de Maíz Durante el Ciclo Otoño-Invierno en el Estado de Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CEVCul, Culiacán, Sinaloa, México. Folleto Técnico # 56
- Brown D.M., A. Bootsma.1997. Crop Heat Units for Corn and other Warm Season Crops in Ontario. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Ontario Canada. Pub. Agdex 111/31.



- Bundy L.G. 1998. Corn Fertilization. University of Winsconsin Cooperrative Extension USDA. Pub A3340
- Cantú-Almaguer M.A., C. A. Retes-Méndez, L.A. Rodríguez-del Bosque. 2010. La Fecha de Siembra: Una alternativa para incrementar la Producción en Maíz. SAGARPA-INIFAP-CIRNE-CERB. Rio Bravo Tamaulipas, México. Folleto Técnico # 44.
- Castellanos Ramos J.Z., J.A. Cueto W., J.R. Salinas G., L.M. Tapia V., J.M. Cortez J., I.J. González A. H. Mata V., M.M. Gutiérrez, A. Vázquez H., C. Valenzuela S., S.A. Enríquez D., 2005. La Fertilización en los Cultivos de Maíz, Sorgo y Trigo en México. SAGARPA-INIFAP-CIRC en-CEB. Guanajuato, México. Folleto # 1.
- CESAVEG. _ Campaña de Manejo Fitosanitario de Maíz. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato, SAGARPA-SENASICA.
- CIMMYT Programa de Maíz. 2004. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT
- Cortez-Mondaca Edgardo. 2019. Manejo de Insectos Plaga de Importancia del Maíz. SADER-INIFAP-CEVF. http://www.cesaveson.com/files/docs/eventos/trigo-maiz-frijol/PLAGAS_MAIZ_TRIGO_FRIJOL_PARTE1.pdf
- Cota-Agramont O., A. Ortega C., J.M. Valenzuela V., A. A.S. Souqui G., P. Félix V., M.J. Guerrero H., J.X. Uballe B., O.H: Moreno R., J.J. Pacheco C, J.L. Martínez C., L.M. Tamayo E., F.J. Salazar H., E. Gándara R. 1989. Guía Para Producir Maíz en el Sur de Sonora. SARH-INIA-CIANO-CEVY. Folleto # 7.
- Cota-Agramont O., A. Ortega y. Corona, M. Guerrero H., E. A. Cubedo R. 2013. Evaluaciones de Híbridos Comerciales y Experimentales, de Maíz en el Valle del Yaqui, Sonora. Ciclo Verano-Otoño 2012. Memoria Día del Agricultor. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CENEB. Pub. Especial # 20. Pp 21-24.
- Delgado R.J. 2017. La Selección de Híbridos de Maíz. Serie Cereales. Núm. 35. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3p.
- DHAOGTR (Department of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulator). 2008. The Biology of Zea maysL. Ssp mays: maize and corn. Office of Gene Technology Regulator. Australian Government. Pag 6,22. <http://www.agtr.gov.au>.
- Díaz-Balderas Vicente. 1983. Enfermedades del Sorgo en el Estado de Morelos. SARH-INIA-CIAMC-CAEZ. Zacátepec, Morelos, México. Folleto Técnico # 4. Pp.4-6.
- Díaz Valdés Tomás R. Lizárraga Jiménez, M. Valenzuela López, L. Partida-Ruvalcaba, T. de J. Velásquez Alcaraz, F. Ayala T. __ Nutrición del cultivo de maíz. en: IV Jornada de Transferencia de Tecnología del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA- Gob. de Sinaloa.



Dupont-Pioneer. 2015. Maíz: Crecimiento y Desarrollo. Dupont-Pioneer, Iowa, EE.UU. 50131

Edgardo Cortez Mondaca. __. Recomendaciones para el Manejo de las Principales Plagas Insectiles del Maíz en el Norte de Sinaloa. En: Jornada de Manejo Sustentable del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA, Gob. de Sinaloa. p 41-51.

Espinosa Leo, and Jeremy Ross (eds). Corn Production Handbook. University of Arkansas Division of Agriculture, Cooperative Extension Service Pub. M437

Félix-Gastelúm R., G.J. Lizárraga-Sánchez, I.E. Maldonado-Mendoza, K. Y. Leyva-Madrigal, G. Herrera-Rodríguez, S. Espinoza-Matías. 2018. Confirmación de *Exseohilum turcicum*, Agente Causal del Tizón del Maíz en Sinaloa. Revista Mex. de Fitopatología. Publicación en línea en sept, 2018. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v36n3/2007-8080-rmfi-36-03-468.pdf>

Ferguson R.B., De Groot K.M. 2000. Nutrient Management for Agronomic Crops in Nebraska. University of Nebraska Lincoln, Institute of Agriculture and Natural Resources. Pub EC 155.

Ferreira da Silva Paulo Regis; M.L. Strieder; R.P. da Silva Coser; L. Rambo; L. Sangoi; G. Argenta; E. L. Forsthofer; A. Alves da Silva. 2005. Grain Yield and Kernel Crude Protein Content Increase of Maize Hybrids with Late Nitrogen Side-Dressing. Brazil. Sci. Agric., 62(5):487-492

Flinchum W.T. 2001 Corn Production in Tennessee. Agricultural Extension Service University of Tennessee. Pub. PB 443. Pp.15.

Freeling M., V. Walbot (eds). 1993. The Maize Handbook. Ed. Springer. New York, USA.

García Gutiérrez Cipriano, E. Nava Pérez, J. R. Camacho Báez E. L. Vázquez Montoya, A. D. Armenta Bojórquez. Identificación y Control de la Mosca del Estigma del Maíz. en: III Jornada de Transferencia de Tecnología del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA- Gob. de Sinaloa.

García Gutiérrez Cipriano, J. R. Camacho Báez, E. Nava Pérez, A. D. Armenta Bojórquez, F. López García, E. L. Vázquez Montoya, V. Hernández Ortiz. Mosca de los Estigmas del Maíz: Comportamiento y Control Biológico. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA, Gob. de Sinaloa. Pp. 15.

Garner E.H., L.F. Hall and F.V. Pumphrey. 2000. Field Corn. Oregon State University Extension Service. Fertilizer Guide. FG-71.

González A.U. 1995. El Maíz y su Conservación. Ed. Trillas. México, D.F. p:11-131.



- Guerrero-Herrera M. J., F. I. Parra-Cota, A. Muñoz-Pérez. 2015. Maíz; otoño-invierno. En Sánchez-Cruz E., L. F. Flores-Lui (coords). Agenda Técnica Agrícola Sonora. 2da edición. SAGARPA-SENASICA-INIFAP. Pp: 247-255
- Guzmán-Ruiz Sergio de Carlo, C. Valenzuela-Solano, P. Félix-Valencia, A. Jiménez-Trejo, S. Ruiz-Carbajal. 2008. Necesidades Hídricas de los Principales Cultivos en el Estado de Baja California. SAGARPA-INIFAP-CIRNO. Mexicali, Baja California, México. Folleto Técnico # 13. Pp: 20, 21
- Haberer Georg, S. Young, A. K. Bharti, H. Gundlach, C. Raymond, G. Fuks, Ed Butler, Rod A. Wing, S. Rounsley, B. Birren, C. Nusbaum, K. F.X. Mayer, and J. Messing. 2005. Structure and Architecture of the Maize Genome. *Plant Physiology* 139: 1612-1624
- Hergert G.W., C.S. Wortmann. 2006. Starter Fertilizer for Corn Sorghum and Soybean. University of Nebraska Lincoln extension, Institute of Agriculture and Natural Resources. Pub. G361.
- Herrera-Rodríguez G. F.J. Orduño-Cota, R. Félix-Gastelúm. 2014. Distribución, Incidencia, Severidad y Control del Tizón Foliar del Maíz en el Norte de Sinaloa. SAGARPA-JLSV-Valle del Fuerte, Universidad de Occidente. El Fuerte, Sinaloa. 41 Pp
- INIFAP-CIRNO. 2010. Guía Técnica para el área de Influencia del Campo experimental Valle de Mexicali. Maíz. SAGARPA-INIFAP-CIRNO-CEMEXI. Mexicali, Baja California México. Guía Técnica # 1. Pp: 57-66
- INIFAP-CIRNO. 2002 Manejo de Malezas en Maíz, Sorgo y Trigo Bajo Labranza de Conservación. SAGARPA-INIFAP-CIRNO. Folleto Tec. # 24.
- INIFAP-CIRNO. 2003. Guía para la Asistencia Agropecuaria para el Área de Influencia del Campo Experimental Valle de Culiacán. Agenda Técnica. Quinta Edición. Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México. p 214.
- INIFAP-CIRNO. 2003. Guía para la Asistencia Técnica Agrícola para el Área de Influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte. Agenda Técnica, Sexta Edición. Campo Experimental Valle del Fuerte, Sinaloa. Juan José Ríos, Sinaloa, México. 208 p.
- Jackson T.A. 2008. Rust of Corn in Nebraska. University of Nebraska Lincoln, Institute of Agricultural and Natural Resource. Pub. G 1680.
- Kansas State University. 2007. Corn Production Handbook. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Pub. C-560:
- Lafitte H.R: Identificación de Problemas en la Producción de Maíz Tropical: Guía de Campo. México D.F.: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
- Lee Dewey. 2011. A guide to Corn Production in Georgia. University of Georgia College of Agriculture and Environment Science Coop. Ext. service. Pub CSS 01-11



- Luque Sainz Elías de Jesús. 2009. Métodos de siembra, una alternativa viable para incrementar la productividad de maíz en Sinaloa. Memoria Reporte de Proyectos. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA, Gob. de Sinaloa. Pp. 19
- Macias-Cervantes J., E. Sifuentes-Ibarra, E. Cortez-Mondaca. 2017. Maíz. En: SAGARPA-Gob. de Sinaloa, COFUPRO-INIFAP. Agenda Técnica Agrícola de Sinaloa. México. Pp 65-96
- Macías-Cervantes J., E. Sifuentes-Ibarra, G. Llaven-Valencia, A. Borbón-García, E. Cortez-Mondaca. 2015. Maíz de Riego. En: SAGARPA-SENASICA-INIFAP. Agenda Técnica Agrícola de Sinaloa. 2^{da} ed. México. Pags: 113-135
- Marks Del. 2001. Corn Planting Guide. Iowa State University Department of Agriculture. PM 1885
- Kato, T.A, C. Mapes, L.M. Mera, J.A. Serratos, R.A. Bye. “Origen y Diversificación del Maíz: una Revisión Analítica”. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. Pp: 19-20
- Meza Ponce R., J. R. Angulo Santos. _____. Producción de Maíz Blanco en la Zona Centro de Sinaloa. Resultados de Proyectos. Fundación Produce Sinaloa, Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa A.C. (CVTTS).
- Meza Ponce Ramsés, J. R. Angulo Santos. _____. Labranza de Conservación en el Centro de Sinaloa. en: IV Jornada de Transferencia de Tecnología del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA- Gob. de Sinaloa
- Miramontes-Piña Cesar U. (res). 2012. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996-2012. Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA-SIAP-SIACON. México, D.F. www.siap.gob.mx.
- Nilesen R.L., 2004. Heat Unit Concepts Related to Corn Development. Purdue University. Purdue University Department of Agronomy. <http://www.kingcorn.org/news/articles.04/HeatUnits-0515.html>
- Nielsen R.L. 2008. Use Thermal Time to Predict Leaf Stage Development in Corn. Purdue University Cooperative Extension service. Corny News Network articles. <http://www.kingcorn.org/news/timeless/VStagePrediction.html>
- Nielsen R.L. 2011. Grain Fill Stages in Corn. Purdue University Department of agronomy. Corny News Network Articles. <http://www.kingcorn.org/news/timeless/GrainFill.htm>
- Nielsen R.L.2012. Heat Unit Concepts Related to Corn Development. Purdue University Department of Agronomy. Corny News Network Articles. <http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/heatunits.html>.
- Nielsen R.L.2020. Heat Unit Concepts Related to Corn Development. Purdue University Department of Agronomy. Corny News Network Articles. <http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/heatunits.html>.



- Nuessly G.S. and S.E. Webb. _____. Insect Management for Sweet Corn. University of Florida IFAS Extension. Pub. ENY-472.
- Office of the Gene Technology Regulator. 2008. The Biology of *Zea mays* L. ssp *mays* (maize or corn). Australian Government. Department of Health and Ageing Office of Gene Technology Regulator.
- Ortega-Corona A., M. de J. Guerrero-Herrera, O. Cota-Agramont, J.M. Hernández-Casillas, L.A. Peinado-Fuentes. 2008. Conocimiento de la Diversidad y Distribución Actual de Maíz Nativo y sus Parientes Silvestres en México: Componente 1: Diversidad y Distribución Actual de los Maíces Nativos de Sonora. Informe Final de actividades 2007-2008. Proyecto FZ002. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO-INIFAP.
- Ortega Corona A., O. Cota A., M.J. Guerrero H., J.M. Cortez J., J.E. Ortiz E., L.M. Tamayo E., J.J. Pacheco C., R. Álvarez Z., P. Félix V. 2003. El Cultivo del Maíz una Alternativa para el Ciclo Otoño-Invierno en el Sur de Sonora. SAGARPA-INIFAP-CEVY Folleto # 35.
- Paliwal R.L. 2001. Origen, Evolución y Difusión del Maíz. en R.L. Paliwal, **Gonzalo Granados, Honor Renée Lafitte y Alejandro D. Violic**. El maíz en el Trópico. Depósito de Documentos de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.htm#toc>.
- Pérez-Márquez Jesus.2012. Validación de Nueve Fechas de Siembra de Maíz en dos Localidades de Sinaloa. Memorias de la VI Jornada del Cultivo de Maíz. SAGARPA-Fundación Produce-Sinaloa, Gob del Estado. Pp:15-24
- Quintero Benítez J. A., M. A. Apodaca Sánchez. Las Pudriciones de Tallos en el Maíz y Su Manejo en Sinaloa. En: Jornada de Manejo Sustentable del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA, Gob. de Sinaloa. p 67-70
- Ramírez-Alcántara H.T., E. Navarro-Villagómez y T.V. Dávila-Ramírez. 2013. Análisis del Panorama del Maíz Transgénico en México, desde una Visión Sustentable. Universidad Metropolitana Unidad Xochimilco. (Inédito).
<http://dsh.xoc.uam.mx/produccioneconomica/publicaciones/18.pdf>
- Ramírez-Arredondo A., J.R. Valenzuela-Borbón, F. Cabrera-Carbajal y A. Borbón-García. 2021. Enfermedades Foliares del Maíz en el Sur de Sonora. SADER-INIFAP-CIRNO-CENEB. Memorias del Día del Agricultor 2021. Pub. #28. Cd. Obregón, Sonora, México. Pp:33-35.
- Ramírez-Díaz J.L., J.J. Wong-Pérez, J. A. Ruiz-Corral y M. Chuela-Bonaparte. 2010. Cambio de Fecha de siembra del Maíz en Culiacán, Sinaloa, México. Rev. Fitotec. Mex. 33(1):61-68.
- Reyes Castañeda P. 1990. El Maíz y su Cultivo. AGT editor. México, D.F. Pp. 460.



- Robles S. R. 1978. Producción de Granos y Forrajes. Segunda edición. Ed. Limusa. México D.F.
- Rodríguez Montessoro R., C. de León. 2008. El Cultivo del Maíz: Temas Selectos. Colegio de Postgraduados. Ed. Mundi Prensa. México, D.F. Pp. 127.
- Rodríguez Zavaleta C. 1997. Guía para Cultivar Maíz de Riego en Hidalgo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP-CIRC-CEP, SAGAR-FPH). Folleto N° 1.
- Rosales R.E. 2002. Manejo Malezas en Maíz Sorgo y Trigo bajo labranza de conservación. INIFAP. Foll. Tec #24
- Ruiz C., J.A., J.M. Hernández C., J.J. Sánchez G., A. Ortega C., G. Ramírez O., M.J. Guerrero H. y F. Aragón C. 2013. Ecología y distribución actual y potencial de razas mexicanas de maíz. Libro Técnico Núm. 5. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 149 p
- SAGARPA-SIAP.2016. Atlas Agroalimentario 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pecuaria y Alimentaria, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca. México, D.F.
- Sanchez Berta, A. Rasmussen and J. Porter. 2014. Temperatures and the Growth and Development of Maize and Rice: A Review. *Global Change Biology* 20:408-417 doi:10.1111/gcb.12389.
- Seal D. R., R.K. Jansson and K. Bondari. Abundance and Reproduction of *Euxesta stigmatis* (Diptera: Otitidae) on Sweet Corn in Different Environmental Conditions. *Florida Entomologist* 79(3):414-422
- Sebastián Beláustagui, A. M. Ibarra. Sistema de Riego Intermitente para el Uso Eficiente del Agua. *en: III Jornada de Transferencia de Tecnología del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA- Gob. de Sinaloa*
- Shapiro C. A., R. B. Ferguson, G. W. Hergert, C. S. Wortmann, D. T. Walters. 2008. Fertilizer Suggestions for Corn. University of Nebraska Lincoln Division of Agriculture and Natural Resource. Pub EC-117
- Shaw R. H., J. E. Newman. Weather Stress in the Corn Crop. Purdue University Cooperative Extension Service. National Corn Handbook N° 18. <http://www.ces.purdue.edu/extmedia/NCH/NCH-18.html>.
- Sifuentes Ibarra Ernesto, J. Macías Cervantes J. G. Quintana Quiroz J. E. Ortiz Enríquez ¿Cómo programar los riegos bajo condiciones variables de clima en el cultivo de maíz? *en: III Jornada de Transferencia de Tecnología del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA- Gob. de Sinaloa.*



- Velarde-Félix Sixto, N. Valdez-Rubio, F. Zamora-Galván, R. López-Molina, C.M. Melgoza-Villagómez. 2018. Identificación Molecular de Fusarium spp. Aislados de Maíz en Sinaloa, México. Rev. Mex. de Ciencias Agr. 9(8):1675-1689
- Sprague and J.W. Dudley (eds). 1988. Corn and Corn Improvement. Third Edition. Agronomy series #18. ASA-CSSA-SSSA. Madison, Wisconsin, USA
- Tamayo Esquer L.M., J.J. Alvarado M., E. Rosales R. 2003. Manejo Integrado de Maleza en Maíz para el Noroeste de México. INIFAP-CIRNO-CEVY. Folleto # 49.
- Troyer A. Forrest. 2009. Development of Hybrid Corn and the Seed Corn Industry. En: Bennetzen and S. Hake (eds) Handbook of Maize, Part II; Maize Improvement. Springer Science+Business Media. Pag 87
- United State Department of Agriculture. 2016. World Agricultural Production. United State Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service (USDA-FAS). Circular Series WAP 11-16. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>.
- University of Illinois.1991. Corn Ear and Kernel Rots. Department of Crops Science University of Illinois at Urban-Champaign. Report on Plant Disease #205
- Víctor Manuel Leal León. Las Etapas de Desarrollo del Cultivo del Maíz. En: Jornada de Manejo Sustentable del Cultivo del Maíz. Memorias. Fundación Produce Sinaloa, SAGARPA, Gob. de Sinaloa
- Wellhausen E.J., L.M. Roberts, y E. Hernandez X., P.C. Mangelsdorf. 1951. Razas de Maíz en México, su Origen, Características y Distribución. Oficina de Estudios Especiales. Fundación Rockefeller-Secretaría de Agricultura y Ganadería, Folleto Técnico 5. México D.F. Pp 239
- Wright D., J. Marois, J. Rich and R. Sprenkel. 2011. Field Corn Production Guide. University of Florida IFAS Extension Pub. SS AGR 85
- Wright R., T. De Vries and J. Kalisch. Corn Insect II. University of Nebraska Lincoln. Pub EC5-1573.



ANEXO M1

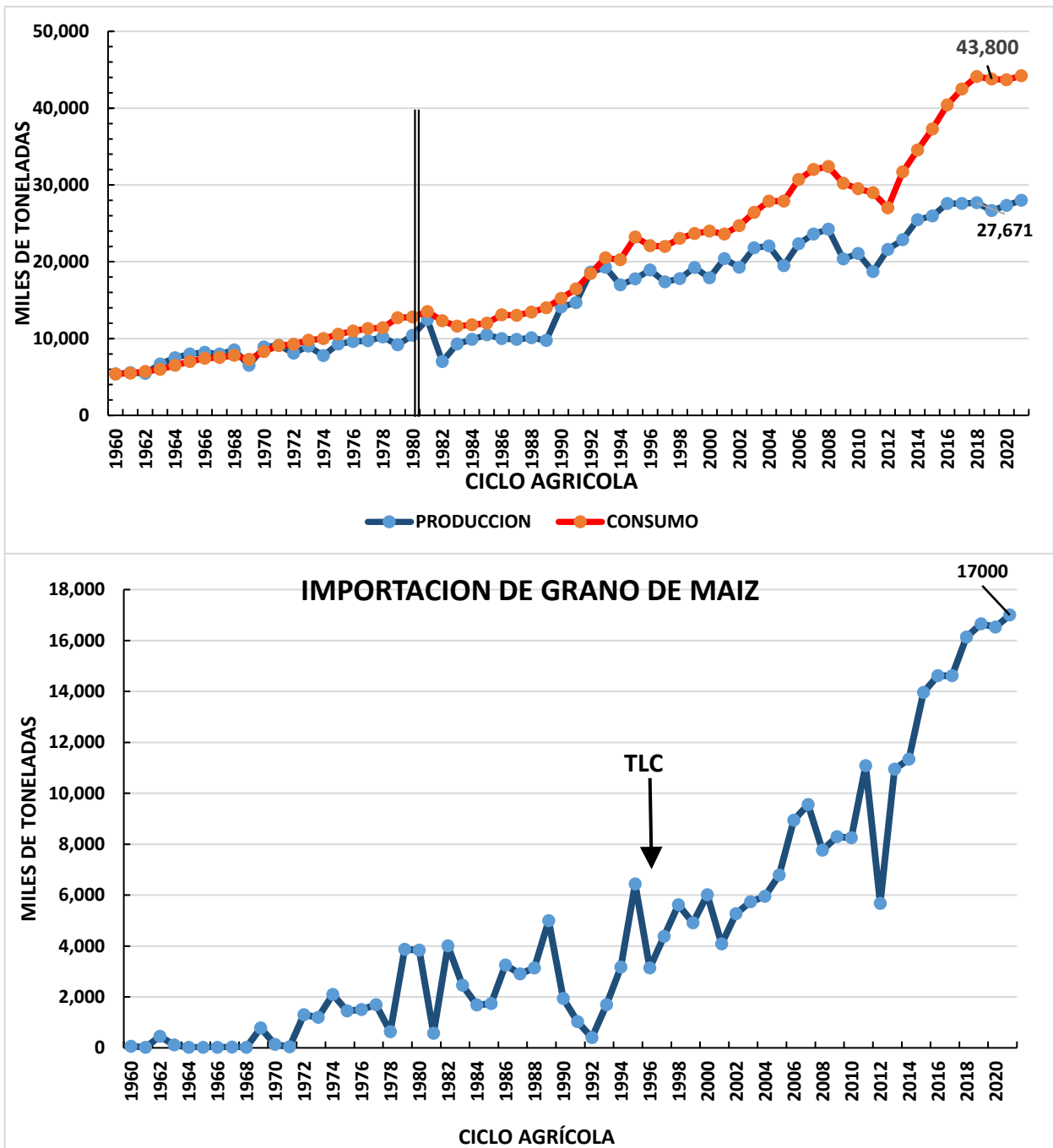
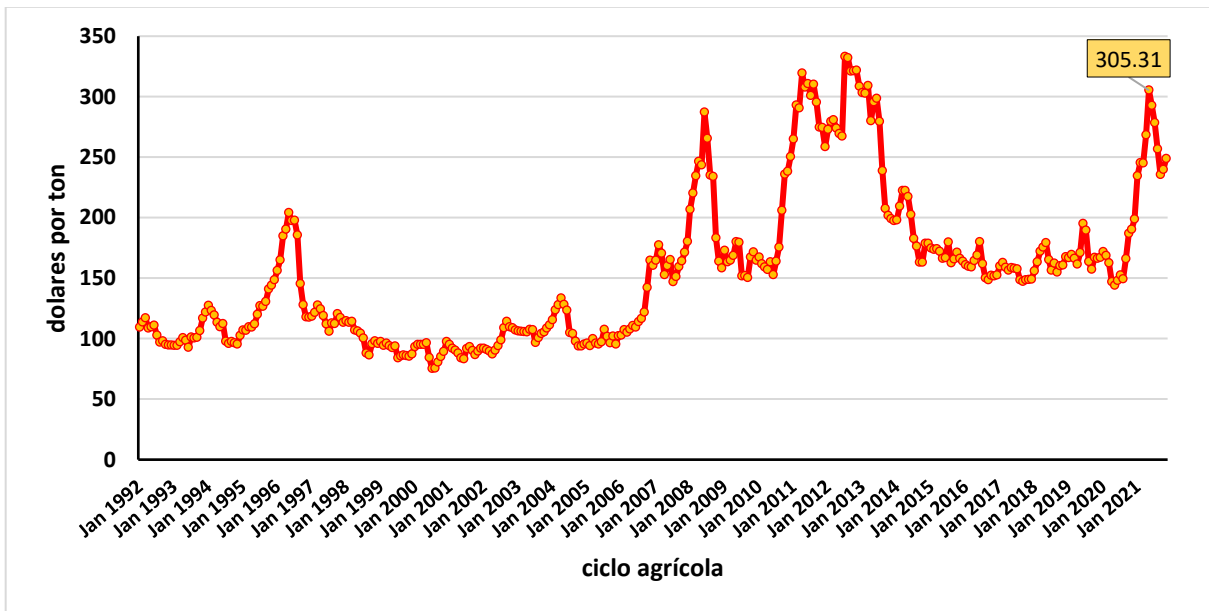


Figura Ma2. – Comportamiento de la Producción, Consumo e Importación de grano de maíz en México en el periodo de 1960 a 2021. Observe que hasta el año de 1980 México podría considerarse autosuficiente en maíz, ya que la producción y consumo era casi la misma. En cambio, las importaciones se empiezan a incrementar a partir de esta fecha. (www.indexmundi.com, 2022)

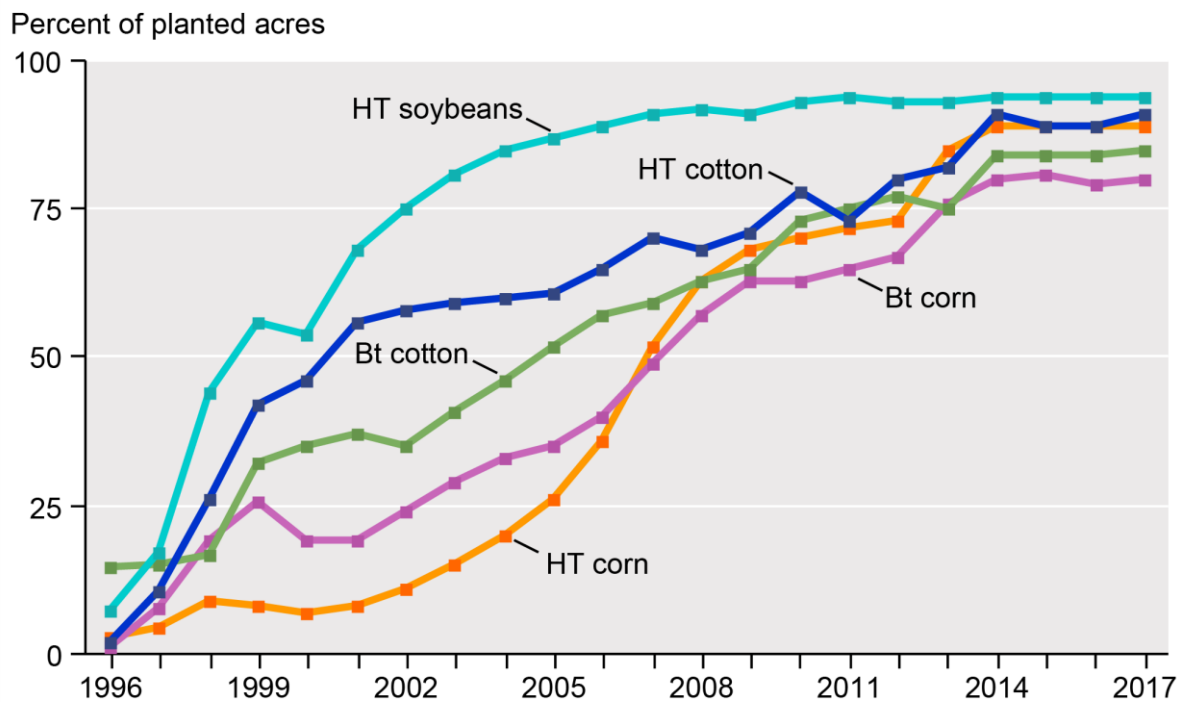




COMPORTAMIENTO DEL PRECIO DE MAIZ EN EL PERIODO DE ENERO DE 1992 A NOVIEMBRE DE 2021 (<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=corn&months=360>)



Adoption of genetically engineered crops in the United States, 1996-2017

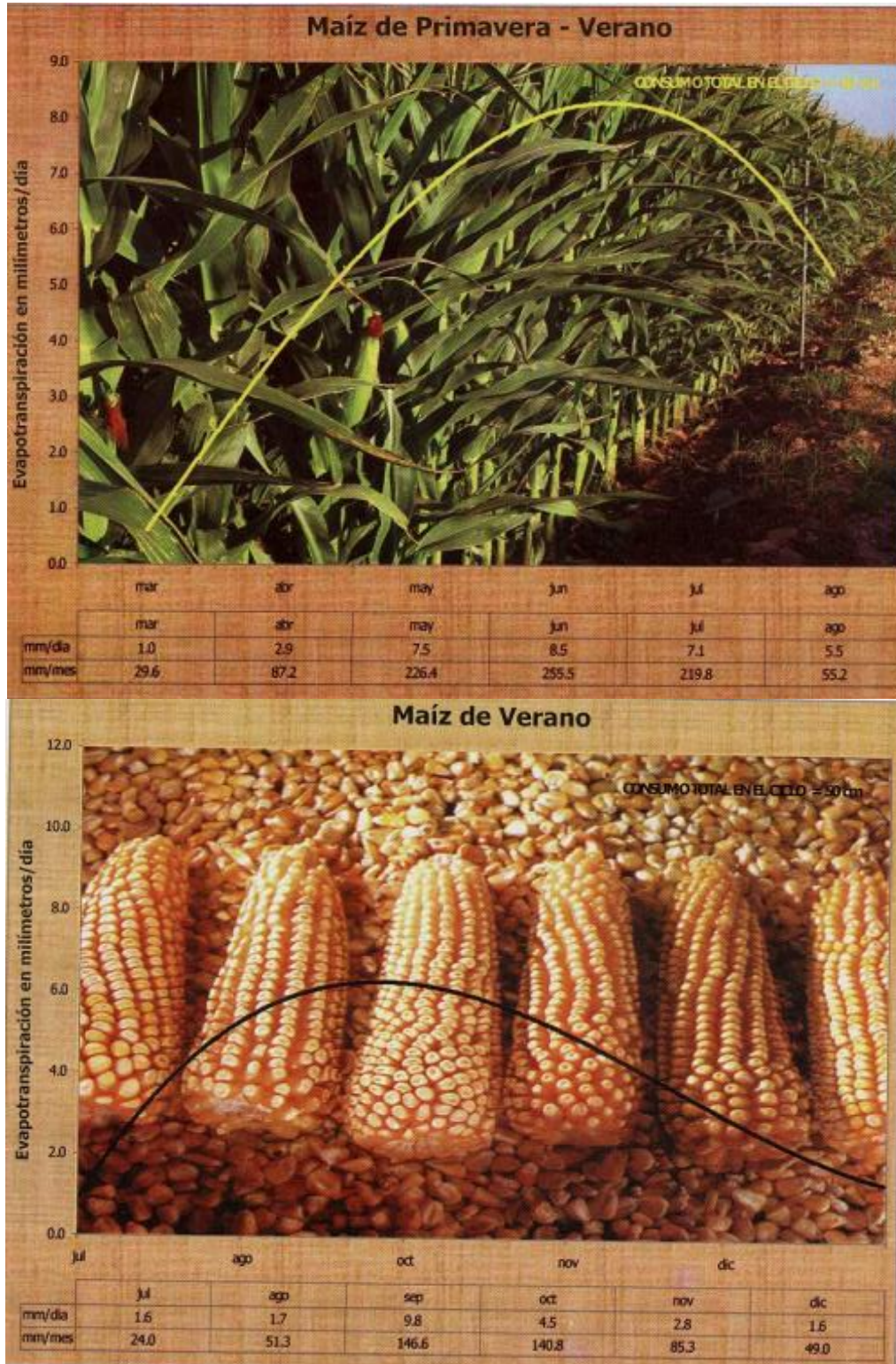


Data for each crop category include varieties with both HT and Bt (stacked) traits.
 Sources: USDA, Economic Research Service using data from Fernandez-Cornejo and McBride (2002) for the years 1996-99 and USDA, National Agricultural Statistics Service, *June Agricultural Survey* for the years 2000-17.

ADOPCIÓN DE CULTIVOS CON INGENIERÍA GENÉTICA EN LOS EE.UU. DE 1996 A 2017.

<https://www.ers.usda.gov/data-products/adoption-of-genetically-engineered-crops-in-the-us/recent-trends-in-ge-adoption.aspx> visto el 10 de julio del 2018





REQUERIMIENTOS DE AGUA EN EL CULTIVO DE MAIZ EN SIEMBRAS DE PRIMAVERA-VERANO (arriba) Y VERANO (abajo) EN EL VALLE DE MEXICALI (Guzmán-Ruiz *et.al.*, 2008)



ANEXO 2

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CEREALES

TABLA Ma1.-COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS PRINCIPALES CEREALES DE GRANO (Peter Koehler and Herbert Wieser)

	TRIGO	CENTENO	MAÍZ	CEBADA	AVENA	ARROZ	MIJO
en porcentaje							
HUMEDAD	12.6	13.6	11.3	12.1	13.1	13.0	12.0
PROTEINA (Nx6.25)	11.3	9.4	8.8	11.1	10.8	7.7	10.5
LIPIDOS	1.8	1.7	3.8	2.1	7.2	2.2	3.9
CARBOHIDRATOS	59.4	60.3	65.0	62.7	56.2	73.7	68.2
FIBRA	13.2	13.1	9.8	9.7	9.8	2.2	3.8
MINERALES	1.7	1.9	1.3	2.3	2.9	1.2	1.6
en mg / 100 g							
THIAMINA (B1)	4.6	3.7	3.6	4.3	6.7	4.1	4.3
RIBOFLAVINA (B2)	0.9	1.7	2.0	1.8	1.7	0.9	1.1
NICOTINAMIDA	51.0	18.0	15.0	48.0	24.0	52.0	18.0
AC. PANTOTENICO	12.0	15.0	6.5	6.8	7.1	17.0	14.0
B6	2.7	2.3	4.0	5.6	9.6	2.8	5.2
AC FOLICO	0.9	1.4	0.3	0.7	0.3	0.2	0.4
TOTAL TOCOFEROLES	41.0	40.0	66.0	22.0	18.0	19.0	40.0

TABLA Ma2.-COMPORTAMIENTO EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA COSECHA DE MAÍZ EN EL CICLO 2012 DE USA POR REGIÓN (US GRAINS COUNCIL, 2013)

<http://www.grains.org/index.php/key-issues/grain-supply/corn-harvest-quality-and-export-cargo-reports/corn-harvest-quality-report-2012-13/chemical-composition>

	PROMEDIO	DSV STD	MAX	MIN
USA				
PROTEINA	94	0.66	7	12.4
ALMIDON	73	0.67	70.6	75.6
ACEITE	3.7	0.34	1.7	5.5
GOLFO				
PROTEINA	9.3	0.66	7	11.6
ALMIDON	73.1	0.67	70.6	75.6
ACEITE	3.8	0.35	1.7	5.5
PACIFICO NW				
PROTEINA	9.4	0.67	7	12.4
ALMIDON	72.8	0.66	70.6	75.1
ACEITE	3.7	0.31	1.7	4.9
SUR				
PROTEINA	9.5	0.64	7	11.6
ALMIDON	72.9	0.68	70.6	75.1



ACEITE	3.7	0.32	1.7	4.9
--------	-----	------	-----	-----

TABLA Ma3.-COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GRANO DE MAÍZ

(<http://www.fao.org/docrep/t0395s/t0395s03.htm>)

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1,0	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Watson 1987

Como se muestra en el Cuadro 5, las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87 por ciento, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67 por ciento), celulosa (23 por ciento) y lignina (0,1 por ciento) (Burga y Duensing, 1989). El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87 por ciento), aproximadamente 8 por ciento de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo. Por último, el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas, el 33 por ciento por término medio, y contiene también un nivel relativamente elevado de proteínas (próximo al 20 por ciento) y minerales. Se dispone de algunos datos sobre la composición química de la capa de aleurona (véase la Figura 1), elemento con un contenido relativamente elevado de proteínas (aproximadamente el 19 por ciento) y de fibra cruda

Aminoácido	Endospermo ^a		Germen ^b		Modelo FAO/OMS
	mg %	mg/g N	mg %	mg/g N	
Triptofano	48	38	144	62	60
Treonina	315	249	622	268	250
Isoleucina	365	289	578	249	250
Leucina	1 024	810	1 030	444	440
Lisina	228	180	791	341	340
Total azufrados	249	197	362	156	220
Fenilalanina	359	284	483	208	380
Tirosina	483	382	343	148	380
Valina	403	319	789	340	310

^a1,26 por ciento de N; ^b2,32 por ciento de N. Fuente: Orr y Watt. 1957



ANEXO 3

LINKS DE INTERES EN LA PRODUCCION DE MAIZ EN LA RED:

<http://www.aragriculture.org/corn.htm>
http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/HTML/MP-437.asp
<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/rowcrops/a1130-2.htm>
<http://www.ksre.ksu.edu/library/crpsl2/c560.pdf>
<http://www.ces.purdue.edu/extmedia/agronomy.htm>
<http://www.ces.purdue.edu/extmedia/NCH/NCH-18.html>
<http://www.ces.purdue.edu/extmedia/NCH/NCH-43.html>
<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AG/AG20200.pdf>
<http://www.ces.ncsu.edu/plymouth/cropsci/cornguide/>
<http://www.caes.uga.edu/commodities/fieldcrops/gagrains/documents/2011CornProductionGuide.pdf>
<http://corn.agronomy.wisc.edu/Management/NCH.aspx>
http://cropwatch.unl.edu/web/corn/production#Corn_Planting_Resources
<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/CV/CV13500.pdf>
<http://aciarc.gov.au/files/node/8919/maize%20manual%2072dpi.pdf>
<http://www.hidalgoproduce.org.mx/PDFARCHIVOS/GuiaCultivarMaizRiego.pdf>
<http://www.agrodigital.com/upload/maizbt.pdf>
http://wheatdoctor.cimmyt.org/dmdocuments/identificacion_problemas_produccion_maiz_tropical.pdf
<http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/maiz.pdf>
<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/selectnewpest.corn.html>
<http://www.uoguelph.ca/plant/research/homepages/tollena/research/corn.html>
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
<http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.htm#toc>
<http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s06.htm#TopOfPage>
<http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s03.htm>
<http://www.agronext.iastate.edu/corn/production/management/growth>
<http://www.kingcorn.org/news/timeless/GrainFill.html>
<http://www.farmfoundation.org/news/articlefiles/372-Fernandez-Cornejo2ndDecadeBiotech.pdf>
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162005000500014&script=sci_arttext
<http://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/KernelSet.html>
<http://agcrops.osu.edu/specialists/corn/specialist-announcements/ear-abnormalities>
<http://ipm.illinois.edu/diseases/rpds/205.pdf>
<http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s10.htm>
<https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>

