SERVICIO
DE EXTENSIÓN
AGRÍCOLA™
UPR - RUM - CCA



Manual de la Producción del Maíz



Empresa de Hortalizas y Granos Básicos

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Colegio de Ciencias Agrícolas
Servicio de Extensión Agrícola

Autores:

Ermita Hernández Heredia, Catedrática, Departamento de Ciencias Agroambientales y Líder de la Empresa de Hortalizas y Granos Básicos - Recinto Universitario de Mayagüez

James Beaver, Catedrático Emérito, Departamento de Ciencias Agroambientales - Recinto Universitario de Mayagüez

Consuelo Esteves de Jensen, Catedrática, Departamento de Ciencias Agroambientales - Recinto Universitario de Mayagüez

Eric Harmsen, Catedrático, Departamento de Ingeniería Agrícola y Biosistema - Recinto Universitario de Mayagüez

Edda Martínez, Catedrática Auxiliar, Departamento de Ciencias Agroambientales - Recinto Universitario de Mayagüez

Gustavo Rodríguez, Agente Agrícola del Servicio de Extensión Agrícola - Recinto Universitario de Mayagüez

Daniel Bair, Catedrático Asociado - Departamento de Ciencias Agroambientales - Recinto Universitario de Mayagüez

Roberto Vargas, Catedrático - Departamento de Ciencias Agroambientales - Recinto Universitario de Mayagüez

José D. Arrocho, Agente Agrícola del Servicio de Extensión Agrícola - Recinto Universitario de Mayagüez

Foto de cubierta por:
Braian Márquez, Farm & Burgers P.R.

Diseño gráfico y montaje:
Sr. Federico Estrada Del Campo

Edición:
Sra. Esther M. Vélez Bonilla

SERVICIO DE EXTENSIÓN AGRÍCOLA
UPR - RUM - CCA

Publicado para la promoción del trabajo cooperativo de Extensión según lo dispuesto por las leyes del Congreso del 8 de mayo y del 30 de junio de 1914, en cooperación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.

El Servicio de Extensión Agrícola es un patrono con Igualdad de oportunidades en el empleo - M/F/V/I
The Agricultural Extension Service is an Equal Opportunity employer - M/F/V/I

Tabla de Contenido

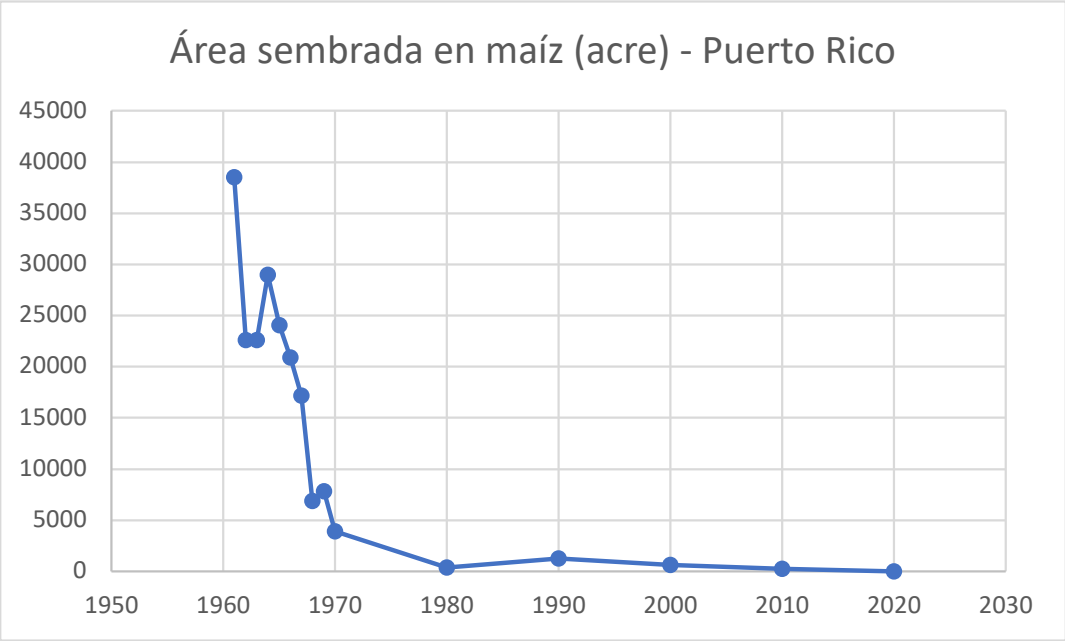
Introducción 4
El cultivo de maíz 6
Prácticas culturales 7
Manejo de los nutrientes 9
Variedades e híbridos de maíz 13
Manejo de agua 15
Manejo integrado de malezas 20
Enfermedades 23
Nematodos 35
Insectos que afectan el maíz 37
La cosecha 49
Consideraciones económicas 51
Referencias 52
Fuentes adicionales de información 55

Nota aclaratoria: La información dada en este manual aplica solo para Puerto Rico. Es importante que se asegure de leer la etiqueta actual del producto antes de aplicar cualquier químico. El uso de nombres de marcas y cualquier mención de listados de productos o servicios comerciales en este manual no implica respaldo por parte de la Universidad de Puerto Rico o el Servicio de Extensión Agrícola ni discriminación contra productos o servicios similares no mencionados.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de origen tropical que tiene una amplia gama de usos. La palabra maíz tiene su origen en la palabra taína 'mahis' para el cultivo. El maíz se utiliza para consumo humano y para elaborar alimentos utilizados para la producción de leche, carne y huevos. En los Estados Unidos se utiliza el maíz para la producción de etanol, almidón y fructosa. El maíz también es un excelente forraje cuando se cosecha como ensilaje.

Figura 1. Área sembrada de maíz en Puerto Rico desde el año 1961 al 2020.



Tomado de: FAOSTAT

Tan recientemente como en 1961, el maíz era un cultivo importante en Puerto Rico con un área de siembra de casi 40,000 acres. El área sembrada sufrió una caída vertiginosa durante la década de los 60. La demanda local de maíz, sin embargo, no disminuyó. Actualmente, la producción comercial de maíz en Puerto Rico es limitada, aunque la presencia de la industria semillera de las empresas multinacionales de mejoramiento de maíz en la Isla demuestra que hay un ambiente favorable para la producción de este cultivo. El Censo Agrícola de Puerto Rico para 2022 informó que 91 fincas sembraron maíz en 454 cuerdas para la producción de granos. Resultados de la investigación realizada en la Subestación de Isabela de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico demostró que es posible obtener rendimientos de semilla que exceden 5,600 lb. /cuerda (100 bu. /acre) utilizando cultivares adaptados y buenas prácticas de manejo (Beaver et al., 2006).

El Censo Agrícola de Puerto Rico para el 2022 informó que se sembró el maíz y sorgo en 1,139 cuerdas para la producción de 4,948 toneladas de ensilaje. La producción de maíz dulce y fresco en Puerto Rico representa un importante mercado nicho con un buen potencial de expansión.

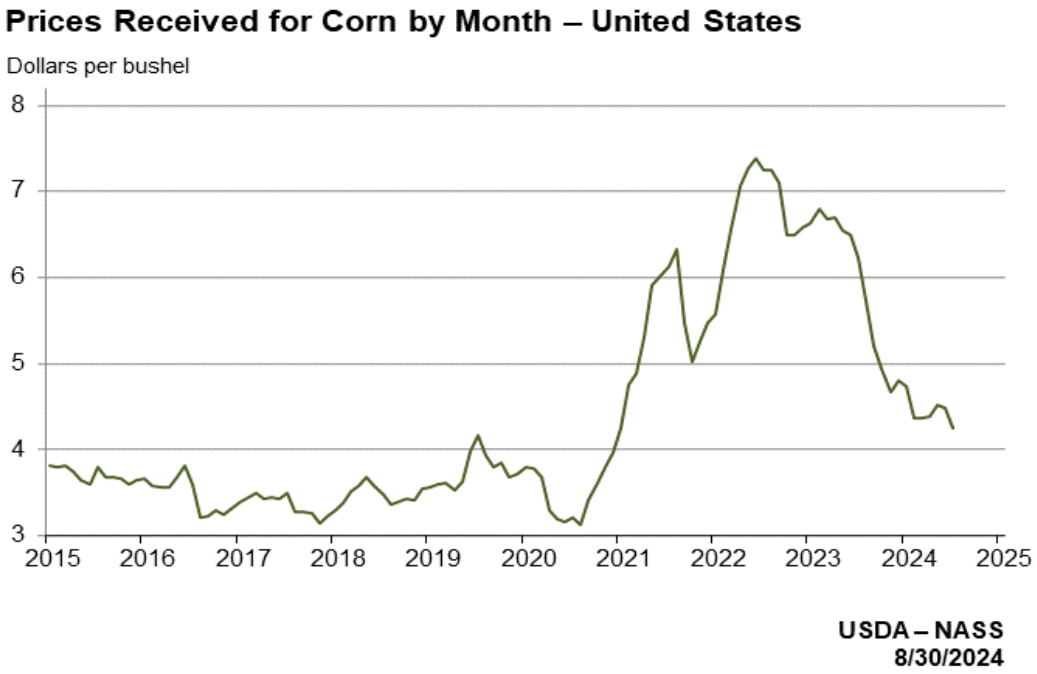
El propósito de este manual es describir las prácticas que le permitirán a los productores de maíz en Puerto Rico obtener mayores rendimientos de semilla. La mayoría de las prácticas recomendadas para la producción de semilla también se aplican para la producción de maíz con otros propósitos, como el ensilaje.

El Censo de los Estados Unidos informó que, en el 2023, más de 10,000 TM de maíz en grano con un valor superior a $3,000,000 fueron importados de los Estados Unidos. En el 2023, el valor del maíz dulce importado de los Estados Unidos fue de más de $8,000,000 y para palomitas de maíz “popcorn” fue de más de $4,000,000. Puerto Rico también importa muchos productos derivados del maíz, tales como la harina de maíz, el almidón, los bocadillos hechos de maíz y el aceite de maíz. Cabe señalar que estos valores solo incluyen importaciones de los Estados Unidos y que importaciones adicionales de maíz podrían haber provenido de otros países.

La producción de maíz depende de las condiciones climáticas y las circunstancias políticas y económicas globales. Por lo tanto, en los últimos 10 años, el precio ha mostrado mucha volatilidad (Figura 1). Estos precios no incluyen los costos de transporte a Puerto Rico que aumentaron en los últimos años. Esta variabilidad en el precio del maíz crea inestabilidad en el costo de producción de leche, carne y huevos.

La producción local de maíz podría servir de amortiguador contra los rápidos cambios en el precio mundial del maíz. El maíz se puede producir con distintos niveles de tecnología. Algunos países tropicales, como Brasil, elaboraron recomendaciones para la producción de maíz en fincas de pequeña escala. La maquinaria necesaria para producir maíz se puede utilizar para producir otros cultivos como habichuela, gandules, soja o sorgo. El estiércol generado en las ganaderías de los Estados Unidos es utilizado para abonar los campos de producción de maíz, convirtiendo el desecho en un recurso. La viabilidad económica de la producción local de maíz requiere que la producción sea eficiente y que la calidad del producto tenga la calidad exigida por el consumidor.

Figura 2. Patrón de los precios de maíz en los Estados Unidos.



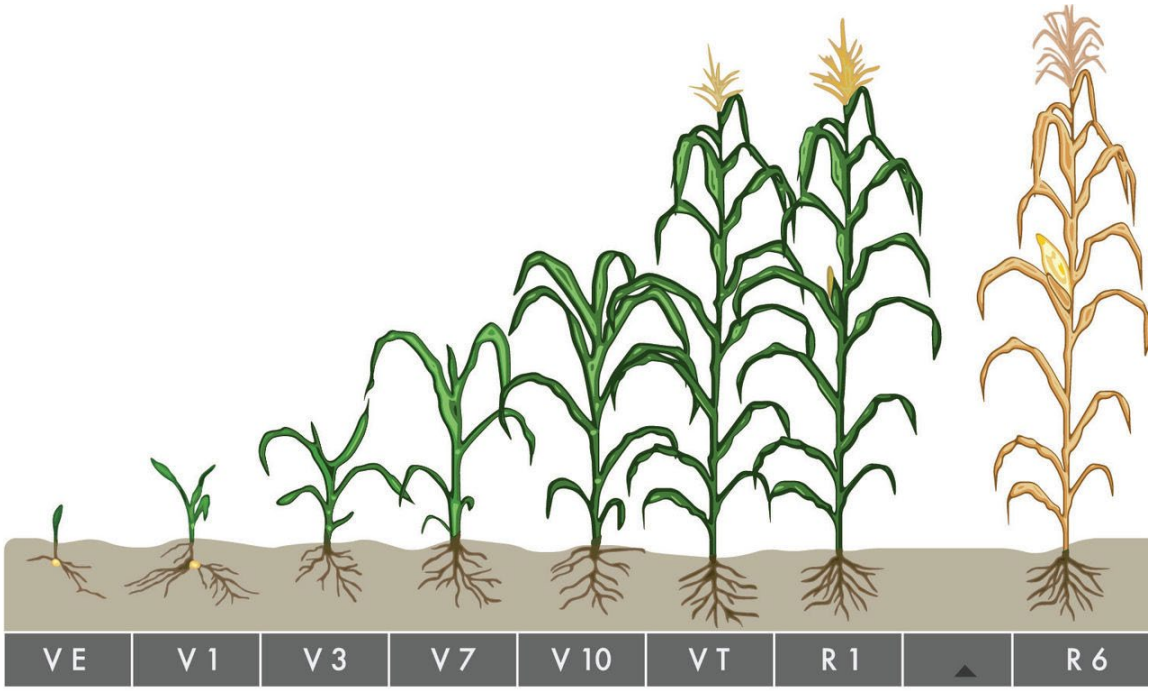
Tomado de: https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/graphics/pricecn.png

El cultivo de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es una gramínea anual de origen tropical. Programas de fitomejoramiento desarrollaron híbridos y variedades de maíz de polinización abierta que se adaptan a una amplia gama de climas y sistemas de cultivo (CIMMYT). En los campos donde hay acceso al riego, el maíz se puede sembrar en Puerto Rico durante todo el año.

El conocimiento de las diferentes etapas de desarrollo de la planta de maíz es útil para tomar decisiones de manejo del cultivo. Las etapas vegetativas del desarrollo se describen mayormente por el número de hojas completamente expandidas en el tallo principal de la planta (Figura 3). La etapa reproductiva (R1) se inicia cuando la inflorescencia masculina de la planta de maíz comienza a producir polen. Las etapas reproductivas del desarrollo del maíz se describen principalmente por las etapas de desarrollo de la semilla. Las temperaturas diarias acumuladas pueden utilizarse para predecir las diferentes etapas de desarrollo del maíz, como la madurez de la cosecha.

Figura 3. Etapas de desarrollo de la planta de maíz.



Fuente tomada de Bayer: https://www.cropscience.bayer.us/articles/bayer/corn-growth-stages-and-gdu-requirements

Prácticas culturales

Las prácticas culturales recomendadas para la producción de maíz dependerían, en parte, del uso del cultivo. Por ejemplo, se debe sembrar una población de plantas más alta si el objetivo es producir ensilaje (biomasa). La fecha óptima de la siembra de maíz dulce podría variar dependiendo del valor del cultivo en el mercado. No se recomienda producir maíz durante los meses más lluviosos del año porque el manejo del cultivo bajo estas condiciones es más difícil.

La mayor parte del maíz se produce en el monocultivo, aunque en Centroamérica el cultivo de maíz intercalado con habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) o en relevo es una práctica común. El monocultivo permite al productor concentrarse en el manejo de un solo cultivo y facilita la cosecha mecánica y la comercialización del cultivo. La rotación de otros cultivos luego de la siembra de maíz es recomendada ya que ayuda a interrumpir los ciclos de vida de patógenos y plagas establecidas. Rotación con una leguminosa con buena capacidad de fijación biológica de nitrógeno, como el gandul (*Cajanus* cajan) o caupí (*Vigna unguiculata*) reduciría la necesidad de aplicar fertilizante nitrogenado en el cultivo de maíz.

La producción de maíz para granos o ensilaje debe mecanizarse porque estos se cultivan a mayor escala. Por otro lado, la producción de maíz dulce y maíz verde es una buena opción para los productores de pequeña escala y para los huertos caseros.

La preparación de terreno debería dejar el suelo fragmentado de 8 - 12 pulgadas de profundidad. Un suelo con buena labranza debe proveer buen contacto entre la semilla y el suelo, incorporar los residuos de los cultivos previos para facilitar la siembra y permitir una rápida infiltración de la precipitación. Las prácticas de labranza y las siembras deberían seguir el contorno del terreno para evitar erosión de suelo. Además, es importante dejar los desagües naturales con vegetación. La labranza mínima o de conservación es una opción para la producción de maíz en suelos susceptibles a la erosión y también una alternativa para sistemas de producción orgánica.

Las semillas de maíz deben sembrarse a una profundidad de 1 - 2 pulgadas para obtener un buen contacto con el suelo en la zona de humedad, la cual, favorece la germinación. Una población óptima de plantas de maíz debería producir el mayor rendimiento. Sin embargo, la densidad de siembra óptima depende de varios factores, incluyendo la disponibilidad de humedad, la fertilidad del suelo, la fecha de siembra, el espacio entre los surcos y la respuesta del cultivar de maíz a la población de plantas. Los resultados de numerosos estudios demostraron que un menor espaciamiento entre los surcos en asociación con mayores densidades de plantas produce los mayores rendimientos. Una densidad óptima de las plantas de maíz (26,000 a 30,000 plantas por acre) sombrea el suelo temprano y ayuda a suprimir el crecimiento de las malezas. El Servicio de Extensión en Missouri, recomienda que densidad de plantas de maíz que maximiza la producción de ensilaje es entre 2,000 y 3,000 plantas por acre mayor que la densidad de plantas utilizada para la producción de granos. Las poblaciones de plantas por debajo del óptimo reducen la capacidad de las plantas de utilizar la radiación solar disponible, lo que resulta en un menor rendimiento de semillas. Una población de plantas demasiado densa puede reducir los diámetros de los tallos, resultando en una mayor incidencia de acame (plantas caídas), favorecer el desarrollo de enfermedades y aumentar el costo de la siembra. Se recomienda que los agricultores identifiquen la mejor densidad de plantas bajo sus condiciones.

La producción de maíz en Puerto Rico comprende viveros de multiplicación de variedades, líneas avanzadas de empresas multinacionales y se concentran en aproximadamente 2,000 acres en los llanos costeros del sur. Estos suelos son fértiles y tienen condiciones climáticas más secas, el cual, favorece la producción de semillas de maíz. Por otro lado, para la producción de ensilaje la zona ideal de siembra sería los

llanos costeros del Norte de Puerto Rico. Sin embargo, el maíz dulce y fresco puede producirse todo el año en fincas pequeñas o huertos con acceso al riego.

Manejo de los nutrientes

Antes de preparar el terreno es recomendable realizar un análisis del suelo para determinar el pH, el contenido de materia orgánica y las concentraciones de los nutrientes tales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo. Se puede contactar con su agente del Servicio de Extensión Agrícola para obtener información adicional sobre los procedimientos necesarios para realizar e interpretar los resultados de un análisis del suelo.

El pH y requerimientos de cal

El crecimiento del maíz es mejor en suelos que tienen el pH entre 5.5 y 7.3 (Brewbaker, 2003). Si el pH del suelo es inferior a 5.5 sería recomendable encalar el suelo para evitar toxicidad de aluminio (Al) y aumentar la disponibilidad de los nutrientes del suelo.

Análisis de suelo y recomendación

Los análisis de suelo proporcionan un índice o evaluación de la capacidad de suministro de nutrientes del suelo para el uso de la planta, no miden las cantidades totales de nutrientes presentes en el suelo. Los resultados del análisis de suelo se clasifican en tres niveles: *bajo, medio* y *alto*, lo que también indica como un cultivo responderá a la fertilización (Tabla 1). Estos niveles luego se utilizan para determinar la recomendación de fertilización (Tabla 2).

Aplicación de fertilizantes

Una práctica recomendada para la producción de maíz es la aplicación de fertilizantes por etapas, ya que el cultivo necesita poco nitrógeno durante la primera etapa de crecimiento vegetativo. La aplicación del fertilizante en bandas cerca de la semilla aumenta la disponibilidad de los nutrientes y ayuda a evitar la fijación de P en el suelo. La segunda aplicación de fertilizante debe contener el resto del N, restando la parte que ya se aplicó. La segunda aplicación de N se recomienda realizar entre el desarrollo de la cuarta hasta la sexta hoja de la planta. La mitad del nitrógeno absorbido por el maíz ocurre entre el desarrollo de la octava hoja hasta la floración.

El uso de urea como fuente de N puede resultar en pérdida de N por volatilización (se pierde en forma de gas) si el fertilizante no está incorporado en el suelo. La incorporación mecánica o por lluvia (dentro de dos días después de aplicación) del fertilizante puede eliminar la pérdida de N por volatilización.

Tabla 1. Interpretación de la disponibilidad de nutrientes (Sotomayor 2019a).

Nutriente	Nivel		
	Bajo	Medio	Alto
P Bray 1 (mg/kg)[1]	< 12	12 - 22	> 22
P Olsen (mg/kg)[1]	< 8	8 - 16	> 16
P Mehlich 3 (mg/kg)[1]	< 14	14 - 32	> 32
Ca (cmolc/kg)	< 3	3 - 6	> 6
Mg (cmolc/kg)	< 1.5	1.5 – 2.5	> 2.5
K (cmolc/kg)	< 0.2	0.2 – 0.4	> 0.4
Fe (mg/kg)	0 – 2.5	2.5 – 4.5	> 4.5
Mn (mg/kg)	< 1.0		> 1.0
Zn (mg/kg)	0 – 0.5	0.6 – 1.0	> 1.0
Cu (mg/kg)	< 0.2		> 0.2

[1] Diferentes métodos de extracción de P dependiendo del pH del suelo.

Tabla 2. Recomendaciones de dosis (kg/ha) de fertilizante (N[1], P y K) para maíz híbrido según la meta de rendimiento y los niveles de P y K basado en el análisis del suelo (Sotomayor 2019a).

Meta de rendimiento (kg/ha)		Nivel de P basado en el análisis del suelo.			Nivel de K basado en el análisis del suelo.		
	---------- **Cantidad de fertilización recomendada** ----------						
		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
	kg N/ha	----- kg P_2O_5/ha -----			-----kg K_2O/ha ----		
< 3,000	62						
3,000 - < 5,000	104	49	33	0-25	71	47	0-24
5,000 – 8,000	166						

[1] La tasa de fertilización con N se puede ajustar dentro del rango recomendado basándose en el contenido de materia orgánica del suelo, NO^{-3}-N extraíble en agua, historial de aplicación de fertilizante -N, historial de rotación de cultivos, historial de aplicación de estiércol o siembra de abono verde.

Deficiencias nutricionales

El cultivo de maíz expresa síntomas típicos cuando tiene deficiencias nutricionales. El productor debe visitar el campo de maíz con frecuencia para monitorear las poblaciones de las plagas y detectar síntomas de las enfermedades o posibles deficiencias de los nutrientes. Los fertilizantes que contienen macronutrientes (N, P, K) pueden aplicarse cuando los síntomas de deficiencia de nutrientes aparecen antes de la floración. Fertilizantes foliares pueden ser utilizado para algunas deficiencias de micronutrientes.

Puede acceder a este enlace para ver imágenes de maíz con las deficiencias nutricionales.

Tabla 3. Síntomas de deficiencias nutricionales en maíz y fuentes de fertilización.

Nutriente	Síntomas de deficiencia	Comentarios	Fuentes de fertilización
Nitrógeno (N)	Amarillamiento y posible necrosis en forma de V, comenzando en la punta y avanzando hacia la parte central de las hojas inferiores o más viejas de la planta. El resto de la planta tiene un color verde claro.	Las plantas absorben la mayor parte del N en forma de nitrato. El nitrato es altamente soluble en agua, se mueve fácilmente con la solución de agua en el suelo y se puede lixiviar al agua subterránea después de lluvias fuertes.	• Fertilizantes inorgánicos de N como sales amoniacos, nitratos o urea. • Estiércoles compostados. • Cosecha rotatoria o composta verde (ej. *Crotalaria juncea (Brewbaker, 2003), gandul)* para mejorar el contenido de materia orgánica del suelo y proveer un aporte de nitrógeno.
Fósforo (P)	Los síntomas de deficiencia de P son visibles en las plantas jóvenes de maíz. Las deficiencias de P son de color verde oscuro con puntas y márgenes violetas en las hojas inferiores o más viejas.	Muchos suelos tropicales pueden inmovilizar la mayor parte del P aplicado como fertilizante. La aplicación de fertilizante en bandas cerca de las raíces aumentará la absorción de P.	• Fertilizantes inorgánicos con fosfatos. • Fertilizantes orgánicos como el estiércol, compostas o harina de huesos.

Potasio (K)	Amarillamiento y necrosis de los márgenes de la hoja del maíz, comenzando en las hojas inferiores o más viejas.	Los síntomas generalmente no aparecen hasta 4 a 6 semanas después de la siembra. Las plantas con deficiencias en K pueden sufrir de acame (doblez) durante la cosecha debido a los tallos débiles.	• Fertilizantes inorgánicos con las palabras potasio o potasa. • Fertilizantes orgánicos como el estiércol o compostas.
Magnesio (Mg)	Franjas cloróticas paralelas en la vena central a lo largo de la lámina de la hoja.	La deficiencia de magnesio es más común en suelos ácidos en regiones de alta precipitación donde el magnesio ha sido lixiviado del perfil del suelo.	• Fertilizantes inorgánicos con la palabra magnesio. • La aplicación de cal proveerá magnesio. • Fertilizantes orgánicos como el estiércol o compostas.
Azufre (S)	Amarillamiento pronunciado en las hojas superiores o más jóvenes. Amarillamiento general del follaje.	La deficiencia de azufre es más común en suelos ácidos que tienen un bajo contenido de materia orgánica.	• Fertilizantes inorgánicos con la palabra sulfato. • Azufre elemental
Hierro (Fe)	Área color verde pálido intervenal a lo largo de la longitud de las hojas superiores o hojas nuevas.	El hierro es inmóvil y no se transloca del tejido viejo de la planta. Síntomas con deficiencia de hierro se encuentra en suelos con un pH alto.	• Fertilizantes inorgánicos con las palabras quelatos de hierro.
Zinc (Zn)	Rayas blancas entre las venas o una banda blanca que comienza en la base de la hoja y se extiende hacia la punta.	Síntomas de deficiencia de zinc se encuentra en suelos con un pH alto y bajo en contenido de materia orgánica.	• Fertilizantes inorgánicos con elementos menores. • Fertilizantes orgánicos como el estiércol o compostas.

Variedades e híbridos de maíz



Foto 1. Mayorbela 05 variedad polinización abierta de Maíz, Estación Experimental Agrícola de UPRM. Foto tomada por Dr. James Beaver.

'Mayorbela 05' es una variedad local de polinización abierta que fue liberada en 2005 por la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico. Se adapta bien a nuestro clima con tolerancia a la roya del maíz. La planta es de un tamaño mediano (7 - 8 ft.) con tallos intermedios y granos cristalinos pequeños de color amarillo intenso. Se puede utilizar para producir grano seco o para consumo fresco ya que el tamaño del grano es pequeño y de excelente calidad. Los rendimientos para grano seco con buen manejo fluctúan entre los 55 a 65 quintales por acre. La mazorca es de tamaño mediano (6 - 7 pulgadas de largo) y puede producir hasta 12,000 mazorcas para consumo fresco. Las semillas de 'Mayorbela 05' se pueden conseguir a través del programa de semillas selectas de la Estación Experimental Agrícola de la UPR.



Foto 2. Variedad de Maíz dulce Suresweet 11, TRAS del USDA ARS.

'Suresweet 11' es una variedad de maíz dulce desarrollado por la Estación Experimental de Agricultura Tropical Federal (TARS) del USDA-ARS. 'Suresweet 11' se adapta bien a nuestras condiciones climatológicas. Se cultiva exclusivamente para consumo tierno. La planta tiene un tamaño promedio de 7 pies con tallos finos tolerancia intermedia a la roya del maíz y la mazorca es de tamaño mediano (6 - 7 pulgadas de largo). Esta variedad se debe sembrar en época seca cuando la incidencia de enfermedades es menor y la calidad de los azúcares es superior. Las semillas de 'Suresweet 11' se pueden conseguir a través del programa de semillas selectas en la Estación Experimental Agrícola de la UPR.

Hay híbridos de empresas privadas que han demostrado una buena adaptación a nuestras condiciones locales. Debe contactar a estas empresas para obtener más información. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIIMMYT) desarrolló variedades híbridas de maíz QPM "Quality Protein Maize" que tienen mayores niveles de ciertos aminoácidos (lisina y triptófano) con mayor valor nutricional para alimento de los cerdos y pollos. Durante la última década se han liberado variedades de maíz QPM en Centroamérica, pero no existen datos recientes sobre el comportamiento del maíz QPM en Puerto Rico.

Manejo de agua

El maíz producido en Puerto Rico durante los meses con menos lluvias requiere riego. El riego por aspersión se recomienda para la producción de maíz para grano o ensilaje. Su mayor valor comercial podría justificar el uso del riego por goteo para la producción de maíz dulce. La frecuencia y cantidad de agua que se debe aplicar depende de varios factores, incluida la etapa de desarrollo del cultivo de maíz, las condiciones climáticas (precipitación, temperatura, radiación solar, humedad relativa y viento) y la capacidad de retención de agua en el suelo. También hay que considerar la cantidad y calidad del agua disponible para el riego. Un nivel adecuado de fertilidad del suelo promueve el crecimiento de las raíces, lo que aumentará la capacidad de la planta para absorber el agua disponible en el suelo.

La etapa inicial de reproducción es cuando las plantas de maíz necesitan niveles adecuados de humedad en el suelo. Una sequía combinada con altas temperaturas durante la polinización puede causar pérdidas significativas en el rendimiento de semilla de maíz. La aplicación de cantidades excesivas de agua aumentará los costos de producción y potencialmente reducirá el rendimiento si los nutrientes como el nitrógeno se filtran por debajo de la zona radicular y no pueden absorberlos de manera efectiva.

El cultivo alcanzará su máximo rendimiento potencial si su evapotranspiración es igual a la evapotranspiración potencial del cultivo (ET_c). Esta afirmación supone que la fertilidad es óptima y el cultivo está libre de enfermedades y plagas. El ET_c es importante para la gestión del riego. ET_c se puede calcular usando la fórmula $ET_c = K_c \times ET_o$. Dónde K_c es el coeficiente de cultivo y ET_o es la referencia (potencial) evapotranspiración de una gramínea hipotética. K_c es la relación entre la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración hipotética de la gramínea y varía según la etapa de desarrollo del cultivo y características, tales como altura del cultivo, área foliar, color del cultivo, y resistencia estomática.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, siglas en inglés) desarrolló valores de K_c para numerosos cultivos producidos en diferentes regiones. En la tabla 4 se comparan los valores de K_c para el maíz de la FAO y la Universidad de Nebraska. Los coeficientes de Nebraska son más precisos para las condiciones de Nebraska y darían como resultado un uso más eficiente del agua de riego.

Comúnmente las estaciones meteorológicas disponibles proveen un estimado diario de ET_o. Valores diarios de ET_o se pueden obtener en línea a través de este enlace (Harmsen, 2012). Un medidor de evapotranspiración (ETG) puede usarse para estimar el ET_o. El instrumento debe instalarse en un lugar representativo del campo a regar. Los datos se pueden utilizar para tomar decisiones de gestión del agua en campos cercanos al instrumento.

Tabla 4. Comparación de los valores del coeficiente de cultivo (K_c) para el maíz de la FAO y la Universidad de Nebraska. Huffman et al. 2013.

Etapa de desarrollo (Nebraska)	K_c Grano de maíz (Nebraska)	Etapa de desarrollo (FAO)	K_c Grano de maíz (FAO)	K_c Maíz dulce (FAO)
2 hojas	0.10	Inicial	0.30	0.3
4 hojas	0.18			
6 hojas	0.35			
8 hojas	0.51	Medio	1.20	1.15
10 hojas	0,69			
12 hojas	0.88			
14 hojas	1.01			
16 hojas	1.10			
Inicio de la floración	1.10			
Hora	1.10			1.05
Endentado *start*	1.10			
Completamente endentado	0.98			
Madurez fisiológica	0,60	Fin	0.35	
Secado	0.10			

A la hora de programar el riego, es necesario calcular las necesidades netas de riego (NIR) y las necesidades brutas de riego (GIR) durante un periodo de tiempo determinado.

1. $ET_c = ET_o \times K_c$ (valor tabular)
2. NIR = ET_c – (Precipitación efectiva desde el último riego) - La precipitación efectiva es (precipitación – escorrentía superficial – percolación por debajo de la zona de la raíz), y se puede obtener en este enlace.
3. GIR = NIR / IE (Eficiencia del sistema de riego que puede variar de 0-1.0)

Escenario 1

Etapa plántula del cultivo (VE y V3)

En un campo de 2 acres el cultivo de maíz se encuentra en la etapa inicial de crecimiento del cultivo. La estación meteorológica, ubicada en el campo, indica que la ET_o desde el último riego, 4 días después, fue igual a 1 pulgada. Determine ET_c, requerimiento neto de riego (NIR), requerimiento bruto de riego (GIR) y el total de galones de agua que se deben aplicar al campo. El riego se aplica con un sistema por goteo con una eficiencia del 85 por ciento (0.85). En este ejemplo no hubo precipitación medible durante los últimos 5 días. Los pasos para seguir son:

1. ETc = ET_o (1 pulgadas) x Kc (0.3 - FAO) = 0.3 Pulgadas
2. NIR = ET_c (0.3 pulgadas) – precipitación efectiva (0 pulgadas) = 0.3 pulgadas
3. GIR = NIR (0.3 pulgadas) / IE (0.85) = **0.35 pulgadas**
4. Galones de agua = 0.35 pulgadas * 1 pie/12 pulgadas * 2 acres * 43,560 $pies^2$/acre * 5.481 galones/pie^3 = 19,000 galones.

Escenario 2

Etapa de crecimiento vegetativo (V7 a V15)

El cultivo de maíz de campo se encuentra en la etapa de crecimiento vegetativo (medio). El ET_o desde el enlace indica que 2.2 pulgadas de agua fueron evapotranspiradas durante los últimos 8 días, correspondientes al último riego. Determinar ET_c, requerimiento neto de riego (NIR), y el requerimiento bruto de riego (GIR) si el riego se aplica con un sistema por aspersión con una eficiencia de 80 por ciento (0.80). La

precipitación efectiva durante los 8 días periodo indica 0.9 pulgadas. Los pasos para seguir son:

1. $ET_c = ET_o$ (2.2 pulgadas) x K_c (1.2 - FAO) = 2.64 Pulgadas
2. NIR = ET_c (2.64 pulgadas) – precipitación efectiva (0.9 pulgadas) = 1.74 pulgadas
3. GIR = NIR (1.74 pulgadas) / IE (0.8) = **2.18 pulgadas**

Escenario 3

Etapa de inicio de la floración (VT y R1)

El cultivo se encuentra en la etapa inicial de la floración *(polinización, medio*). El nivel de agua en el tubo de visión ETG (con una cubierta de lona No. 54) disminuyó en 2.0 pulgadas desde el día 7 del último riego. Determine ET_c, requerimiento neto de riego (NIR) y requerimiento bruto de riego (GIR) si el riego se aplica con un sistema de riego por aspersión con una eficiencia del 75 % (0.75). La precipitación efectiva de los últimos 7 días fue de 0.5 pulgadas. Los pasos para seguir son:

1. $ET_c = ET_o$ (2.0 pulgadas) x K_c (1.10 - Nebraska) = 2.2 pulgadas
2. NIR = ET_c (2.2 pulgadas) _ precipitación efectiva (0.5 pulgadas) = 1.7 pulgadas
3. GIR = NIR (1.7 pulgadas) / IE (0.75) = **2.27 pulgadas**

En el análisis anterior, el NIR y el GIR se basaron en la evapotranspiración estimada, y el agua de riego se aplicó después de un cierto número de días (5, 8, y 7 días, en los escenarios 1, 2, y 3, respectivamente). El período de tiempo entre riegos debe corresponder con la humedad del suelo que alcanza el contenido de humedad umbral, un contenido de humedad crítico por debajo del cual comenzará el estrés del cultivo. Además, la cantidad de riego debe corresponder para el relleno del perfil del suelo a la capacidad de campo del suelo (SM_{fc}). El contenido umbral de humedad (SM_{thresh}) se define como:

$SM_{thresh} = SM_{fc}$-RAW

RAW es el agua fácilmente disponible.

RAW = MAD * TAW

El MAD es el déficit permitido por la manejo, y el TAW es el agua total disponible.

$TAW = SM_{fc} – SM_{pwp}$

Donde SM_{pwp} es el punto de sequía permanente del suelo. La capacidad de campo del suelo y el punto sequía permanente para las texturas de suelo elegidas se

pueden obtener de la Tabla 5. Esta tabla incluye el espacio poroso total del suelo, la gravedad específica aparente y el agua disponible en mm/pie de suelo (Huffman et al. 2013). El valor MAD1 de diferentes cultivos para diferentes valores máximo de la evapotranspiración se puede obtener de la Tabla 6.

Tabla 5. Propiedades físicas de suelos con diferentes texturas.

Textura del suelo	Espacio poroso total (% por volumen)	Gravedad específica aparente (A_s)	Capacidad de campo (CC) (% por volumen)	Punto de marchitez permanente (PMP) (% por volumen)	Agua disponible (mm/m)
Arenoso-limoso	39 (37-40)	1.58 (1.56-1.59)	16 (11-22)	7 (3-12)	90 (50-110)
Franco	42 (40-43)	1.55 (1.50-1.58)	25 (18-31)	12 (7-16)	130 (110-150)
Limoso	40 (39-42)	1.58 (1.55-1.61)	29 (25-32)	6 (4-8)	230 (210-250)
Arcilloso	49 (44-56)	1.35 (1.19-1.44)	42 (36-47)	28 (23-33)	140 (130-150)

Nota: Las cifras están redondeadas. Los rangos normales se presentan entre paréntesis. Fuente: Huffman et al. (2003).

Tabla 6. Agotamiento o déficit máximo permitido (MAD) para mantener las tasas máximas de evapotranspiración de los cultivos agrupados de acuerdo con su sensibilidad de estrés por sequía.

Grupo de cultivos (GC)	Tasas máximas de evapotranspiración (mm/día)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Valores de MAD - porción de la capacidad total de agua disponible en la zona de raíces								
GC-1	0.50	0.43	0.35	0.30	0.25	0.23	0.20	0.20	0.18
GC-2	0.68	0.58	0.48	0.40	0.35	0.33	0.28	0.25	0.23
GC-3	0.80	0.70	0.60	0.50	0.45	0.43	0.38	0.35	0.30
GC-4	0.88	0.80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45	0.43	0.40

GC-1: Cebolla, pimiento, papa
GC-2: Guineo, plátano, repollo, ervilla, tomate
GC-3: Alfalfa, habichuela, cítrico, maní, piña, girasol, sandía, trigo
GC-4: Algodón, sorgo, uva, **maíz,** soya, remolacha

1 MAD es el agotamiento o déficit máximo permitido, es la cantidad máxima de agua del suelo que el administrador de riego elige para permitir que el cultivo extraiga de la zona de raíces entre los riegos. Solo una parte de la capacidad de retención de agua disponible es fácilmente utilizada por el cultivo antes de sufrir estrés hídrico. Tomado de: Basics of irrigation scheduling

Manejo integrado de malezas

Las malezas compiten por la radiación solar, el agua y los nutrientes del suelo. La cosecha del maíz es más difícil si no se controla las malezas. La pérdida de rendimiento y calidad de la cosecha depende de la densidad y la distribución de las malezas y el momento cuando la infestación de las malezas inicia.

Para identificar las especies de malezas predominantes en el campo del maíz acceda a este manual para información sobre "Malezas Comunes en Puerto Rico e Islas Vírgenes Americanas". Por lo general, un buen control de las malezas durante las primeras semanas después de la siembra es crítico para evitar una pérdida de rendimiento. Diferentes métodos (culturales, mecánicos y químicos) de control de malezas son efectivos si se aplican en el momento correcto. La rotación de cultivos es una de las prácticas culturales más eficaces para el control de malezas a largo plazo. La rotación de cultivos permite la rotación de herbicidas que resulta en el control de una gama más amplia de especies de malezas.

Control mecánico incluye la preparación del suelo antes de la siembra, el desyerbo manual y el uso de cultivadoras. Buenas prácticas de labranza deben eliminar todas las malezas en el campo antes de sembrar. Agricultores con siembras pequeñas pueden controlar las malezas mediante desyerbo manual o con el uso de una cultivadora durante las primeras semanas de crecimiento vegetativo.

Prácticas culturales deben promover el crecimiento vigoroso de las plantas de maíz. Niveles adecuados de nutrientes del suelo y aplicaciones de riego adecuadas contribuyen al rápido crecimiento vegetativo. Poblaciones de plantas de maíz más densas ayudan a producir sombra que inhibe el crecimiento de las poblaciones de malezas. Después de la cosecha es recomendable talar o arar el campo para evitar la producción de semillas de las malezas que permanecen en el campo.

El uso de herbicidas es efectivo para controlar las malezas en un sistema convencional. La mayoría del maíz producido en los Estados Unidos son híbridos transgénicos con resistencia a herbicidas específicos. Las variedades de maíz desarrolladas y actualmente disponibles a la venta por la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico *no tienen resistencia a los herbicidas*. Sin embargo, hay muchas herbicidas pre-siembra y pos-siembra que proveen un buen control de una amplia gama de especies de malezas (ver Tabla 7). Es importante que el individuo responsable de la aplicación

de herbicidas y plaguicidas de uso restringido tenga una licencia apropiada, para más información comuníquese con el especialista o agente del Servicio de Extensión Agrícola. Deben seguir los procedimientos adecuados para la aplicación segura de los agroquímicos.

Tabla 7. *Herbicidas con permiso de uso en Puerto Rico para el manejo de malezas en el cultivo del maíz.*

Ingrediente activo	Nombre Comercial	Dosis/acre	Malezas que controla	Observaciones
Pre-emergentes				
Bentazona-sodio	Basagran	1.5 a 2 pintas	Datura y escobilla	Aplicar a malezas pequeñas den o más de seis hojas o 4 pulgadas de altura.
Primisulfurón-metilo	Beacon	0.76 onzas fl. 0.38 onzas fl.	Yerba Jonson, bledo, datura, escobilla, sesbania, dormidera	No usar en maíz dulce. La yerba Jonson de semilla debe tener de 4 a 12 pulgadas y de rizomas de 8 a 16 pulgadas de altura. Las de hoja ancha deben tener menos de 4 pulgadas.
Ametrina	Evik 80 W	2 – 2.5	Arrocillo, bledo, pata de gallina, pendejuelo, yerba Alexander	No aplique sobre el tope del maíz. El maíz debe tener 12 pulgadas o más de altura hasta 3 semanas antes de espigar.
Diuron	Karmex	1 lb	Arrocillo, bledo, pendejuelo, verdolaga	No aplique sobre tope del maíz. El maíz debe tener 20 pulgadas o más de altura y las malezas menos de 3 pulgadas.
Halosulfuron metil	Permit	0.66 a 1.33 onzas	Bledo, coquí	Puede hacer hasta dos aplicaciones no excediendo 2.33 onzas / acre.
Post-emergentes				
Metolacloro (S-metolacloro)	Dual o Dual Magnum	2 a 2.5 pintas	Arrocillo, bledo, pata de gallina, pendejuelo, yerba Alexander	Use estas dosis en suelos con 3 % de materia orgánica o menos.
Glifosato	Round Up	1 a1.5 pintas* 2 a 3 pintas ** 2 a 4 pintas ***	*malezas de 6 pulgadas o menos **malezas sobre 6 pulgadas ***malezas perennes	Aplique antes, durante o después de siembra, pero antes de la emergencia del maíz.

(continúa →)

(continuación tabla 7)

Ingrediente activo	Nombre Comercial	Dosis/acre	Malezas que controla	Observaciones
Atrazina	Atrazine 4L	2.2 lbs	Arrocillo, bledo datura, dormidera, sacabuche, bejuco de puerco, verdolaga	No exceda 2.5 lbs por acre, por cosecha. Como postemergente antes que las malezas alcancen 1.5 pulgadas de altura y el maíz tenga 12".
Paraquat	Gramaxone 3.0	1.5 a 5 pintas en 20 galones de agua 1.5 pintas	Control general de malezas de 1 a 6 pulgadas de altura.	Incremente la dosis de acuerdo al tamaño de las malezas. Use surfactante no iónico o concentrado de aceite.
Mesotrione	Callisto	3 onzas fl.	Control general de malezas de 1 a 5 pulgadas de altura.	Solo se puede hacer una aplicación postemergente si se ha aplicado el herbicida de manera preemergente. No exceda un total de dos aplicaciones por año. No exceda un total de 7.7 fl oz/A (0.24 lb ai/A).
Carfentrazona-etil	Aim EC	8 onzas fl.	Malezas hasta 4 pulgadas de altura. Malezas de Hojas Ancha	Máximo de dos aplicaciones por año. No exceda un total de 2 fl oz/A (0.31 lb ai/A).
Pendimetalina	Prowl	4 pintas	Arocillo, bledo, verdolaga, tartago	Preemergente: Aplicar después de la siembra, pero antes de que germinen y emerge la cosecha.
Tembotriona	Laudis	5 onzas fl.	Control de Malezas Hoja ancha hasta que tengan 6 hojas.	La segunda aplicación debe realizarse al menos 10 días después de la primera aplicación.
Halosulfurón-metilo	Sandea	2/3 - 1 1/3 onzas fl.	Bledo, coquí, llantén	Puede hacer hasta dos aplicaciones no excediendo 2 2/3 oz/A.
Nota aclaratoria: La información dada en esta tabla aplica solo para Puerto Rico. Es importante que se asegure de leer la etiqueta actual del producto antes de aplicar cualquier químico. El uso de nombres de marcas y cualquier mención de listados de productos o servicios comerciales en este manual no implica respaldo por parte de la Universidad de Puerto Rico o el Servicio de Extensión Agrícola ni discriminación contra productos o servicios similares no mencionados.				

Enfermedades

Las enfermedades pueden reducir el rendimiento y afectar la calidad de la cosecha del maíz. Factores que contribuyen a la incidencia y severidad de una enfermedad incluyen: la susceptibilidad de la variedad de maíz, una fuente de inóculo del patógeno y las condiciones ambientales que favorece su desarrollo.

Las variedades de maíz liberadas por la Estación Experimental Agrícola de la UPR se adaptan bien a nuestras condiciones climatológicas y tienen resistencia de la mayoría de las enfermedades presentes en Puerto Rico. Sin embargo, el ambiente tropical húmedo en Puerto Rico favorece el desarrollo de muchas enfermedades del maíz. Los agricultores deben estar atentos a la aparición de los síntomas de la enfermedad. El diagnóstico de enfermedades de maíz se lo puede realizar en las Clínicas de Diagnóstico de la Estación Experimental de Juana Díaz y Río Piedras.

Enfermedades causadas por hongos

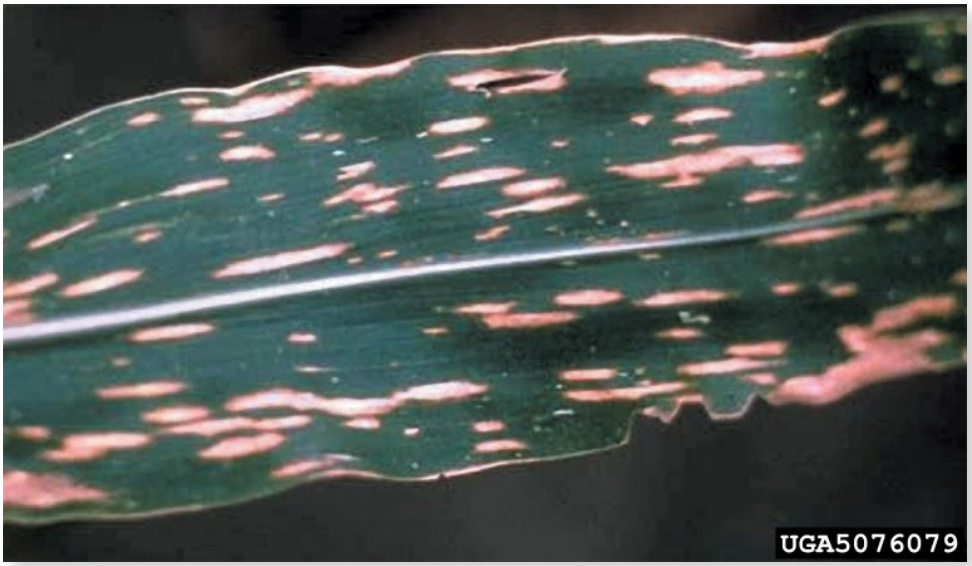


Foto 3. Síntomas de Tizón Sureño – Tomado de: www.ipmimages.org

Tizón Sureño (*Bipolaris maydis*): Los síntomas causados por el tizón sureño varían de acuerdo con la variedad de maíz y a la raza del patógeno que está infectando la planta. La raza más común de este patógeno produce lesiones elípticas de color cremoso y bordea marrón. Estas se alargan a medida que maduran y el crecimiento se ve limitado por las venas de las hojas, resultando en lesiones rectangulares que al unirse llegan a cubrir gran parte de las hojas. Usualmente, solo afectan el follaje. El

tizón sureño predomina en condiciones ambientales cálidas y de alta humedad. Este hongo sobrevive en los residuos de cosecha y los conidios o esporas son diseminadas a otras plantas por el viento y en el agua al salpicar. El manejo integrado del tizón sureño incluye: la siembra de variedades resistentes o tolerantes, la rotación de cultivos para reducir el inóculo del hongo presente y la incorporación de los residuos de cosecha.



Foto 4. Síntomas de Tizón Norteño - Fuente: www.ipmimages.org

Tizón Norteño (*Exserohilum turcicum*): Los primeros síntomas de la enfermedad son lesiones elípticas alargadas de color gris verdoso, de 1-6 pulgadas de largo. A medida que las lesiones maduran, se observan de color marrón a claro cremoso. En condiciones de alta humedad se observa la esporulación del hongo, de color verde olivo a negro, sobre las lesiones. Este hongo comienza afectando las hojas más bajas de la planta. Es más severo cuando la temperatura esta entre 64 - 80° F y en periodos prolongados de humedad. Este hongo sobrevive en los residuos de cosecha y los conidios o esporas son diseminadas a otras plantas por el viento y en el agua al salpicar. Manejo integrado del tizón norteño incluye: siembra de variedades resistentes o tolerantes, rotación de cultivos para reducir el inóculo del hongo presente y la incorporación de los residuos de cosecha.

Antracnosis (*Colletotrichum graminicola*): Esta enfermedad puede convertirse en una enfermedad de importancia en condiciones de altas temperaturas y periodos prolongados de alta humedad. Se caracteriza por producir manchas pequeñas, ovaladas y alargadas en las hojas. Estas manchas pueden alargarse hasta 15 mm y toman un color marrón claro con bordes marrón rojizo o amarillo anaranjado. En condiciones severas las manchas se unen y causan una quemazón completa del follaje. Los cuerpos fructíferos con masas de esporas anaranjados se ven mucho sobre el tejido necrótico, en condiciones húmedas. El maíz dulce es muy susceptible a la antracnosis. Este hongo sobrevive en los residuos de cosecha y es portado en la semilla. El manejo integrado de antracnosis incluye: siembra de variedades resistentes o tolerantes, rotación de cultivos e incorporar los residuos de cosecha para reducir el inóculo del hongo presente y mantenimiento de una fertilidad adecuada del suelo.

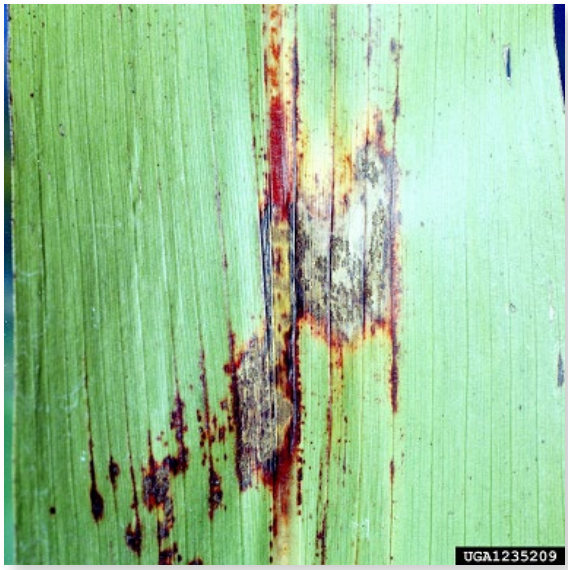


Foto 5. Síntomas de Antracnosis. Tomado de: www.ipmimages.org

La mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) Esta enfermedad ataca en cualquier etapa fenológica del cultivo. En Puerto Rico fue informada en 1972 (Liu,1972) en la subestación de Corozal en una línea de maíz importada de Jamaica y una finca en Cidra. En los Estados Unidos el primer reporte fue en 2015 en Indiana e Illinois (Ruhl et al., 2016) y estudios recientes informan que el único hongo causante de esta enfermedad es *Phyllachora maydis*, sin evidencia de otros hongos asociados con la mancha de asfalto (McCoy et al, 2019). En América del Sur y Central está informada la interacción de tres hongos: *Phyllachora maydis* Maubl., *Monographella maydis* Müller



Foto 6. Síntomas de mancha de asfalto. Tomada por: Dra. Linda Beaver

y Samuels y *Coniothyrium phyllachorae* Maubl. (Groves et al., 2020). *Phyllachora maydis* es un parásito obligado, y *M. maydis* un parásito facultativo causando clorosis extensa en presencia de *P. maydis*. Evaluaciones recientes indican que la mancha de asfalto requiere temperaturas máximas de 30 °C durante el día y de 15 - 22 °C durante la noche (Pereida-Hernández et al., 2009). El rocío sobre las hojas por las noches y por las mañanas favorecen la presencia de la enfermedad, así como la presencia de 10 a 20 días nublados por mes. Los primeros síntomas se observan en las hojas inferiores como lesiones ovales a circulares, elevadas oscuras, de aspecto liso y brillante. Su tamaño es de 0.5 a 2.0 mm de diámetro y forma estrías hasta de 10 mm de longitud. El hongo *Monographella maydis* forma lesiones alrededor de las producidas por *P. maydis*, como un halo de forma elíptica, color verde claro que se vuelve necrótico y provoca el síntoma conocido como ojo de pescado. También, en el tejido necrótico se observa *Coniothyrium phyllachorae* que confiere una textura áspera al tejido dañado. Cuando la infección es temprana a los 35 días ya se puede observar puntos negros ligeramente abultados (Pereida-Hernández et al., 2009). Si la infección ocurre luego de la floración, la presencia de lluvias continuas ocasionará pérdidas de peso de la mazorca y los granos se vuelven flácidos. En variedades susceptibles la infección temprana aumenta el daño en hojas y en la mazorca, puede producir de 30 y 100 % de reducción del rendimiento.

La enfermedad puede mantenerse de un ciclo a otro en residuos de cultivo sobre el campo, esto ocasiona una fuente permanente de inóculo. Otros factores que pueden favorecer la enfermedad son: irrigación constante, niveles altos de fertilización nitrogenada y más de dos ciclos de maíz por año.

Las prácticas de manejo deben basarse en las condiciones ambientales, los patrones de virulencia del patógeno, la disponibilidad de resistencia genética y las prácticas de producción de maíz dentro de la región (Kleczewski et al., 2019). La heredabilidad de resistencia a mancha asfalto es suficientemente alta para permitir el desarrollo de poblaciones e híbridos resistentes (Ceballos y Deutsch, 1992). Se han identificados marcadores moleculares asociados con la resistencia de la mancha asfalto de maíz (Cao et al., 2017; Mahuku et al., 2016). El programa de mejoramiento del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola de Guatemala (ICTA) liberaron la variedad de maíz amarillo Grano de Oro que tiene resistencia al complejo de la enfermedad mancha asfalto en Guatemala.

La Roya Común (*Puccinia sorghi*): Está ampliamente distribuida por todo el mundo. Afecta mayormente plantas que están cercanas a la floración. Esta enfermedad se reconoce por la presencia de pústulas pequeñas y polvorientas, de color café en ambos lados de las hojas. A medida que la planta madura la epidermis de la hoja se rompe y las manchas se tornan obscuras. El tejido joven de la planta es más susceptible a la roya que el tejido maduro. La mayoría de los híbridos de maíz son resistentes a la roya común. Esta roya desarrolla parte de su ciclo en un hospedero alterno, *Oxalis* spp., donde produce pústulas de color anaranjado claro. El desarrollo de pústulas en esta roya es igual de abundante en ambos lados de la hoja, lo que la diferencia de la roya sureña, la cual tiene muy poca producción de pústulas en el envés de la hoja. Manejo integrado de la roya común incluye la siembra de variedades resistentes o tolerantes.

La Roya Sureña (*Puccinia polysora*): Las pústulas de esta roya son más pequeñas y de color café más claro que las de la roya común. Se les encuentra en ambos lados de la hoja, pero crecen más profusamente en la parte superior y menos en el envés. La epidermis no se colapsa tan pronto como en la roya común. Las pústulas toman un color café oscuro a medida que las plantas se acercan a la madurez. Es común en regiones cálidas y húmedas. El manejo integrado de la roya sureña incluye el uso de variedades resistentes o tolerantes.

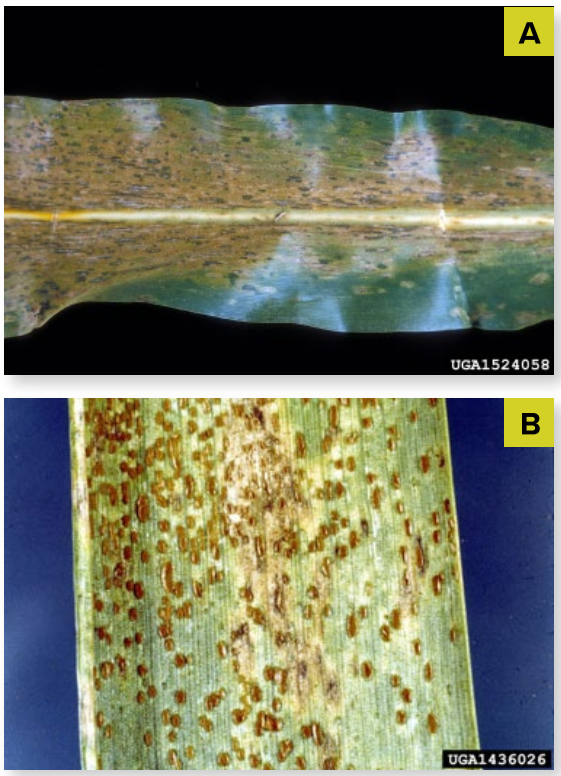


Foto 7. Síntomas en las hojas de maíz causadas por; a) La roya común y b) La roya sureña. Fotos tomadas de: www.ipmimages.org

La Roya Tropical (*Physopella zeae*): Esta roya está limitada a áreas húmedas y calientes de Centro y Sur América y el Caribe. Las pústulas de esta roya son amarillas y están cubiertas por la epidermis. Se observan en pequeños grupos en la superficie de la hoja. Según progresa la infección las pústulas se desarrollan en parchas circulares o elípticas de color púrpura oscuro y centros cremosos. No se ha informado ningún hospedero alterno. Se recomienda el uso de variedades resistentes y tolerantes.



Crazy top

Foto 8. Síntomas de la Marchitez Amarilla del Maiz "Crazy top". Tomado de: Brandon Kleinke, Iowa State University, www.bugwood.org

Marchitez Amarilla del Maíz "Crazy top" (*Sclerophthora macrospora*): La marchitez amarilla del maíz es común durante el periodo de germinación, hasta que las plántulas alcanzan una altura de 10 - 15 cm, si el terreno promueve la acumulación de agua. El síntoma que caracteriza la enfermedad es la malformación de la panícula (inflorescencia masculina). En vez de las estructuras florales normales, estas partes siguen creciendo y toman la forma de pequeñas hojas que forman una masa plumosa. Este hongo sobrevive en yerbajos silvestres. El manejo integrado de la marchitez amarilla del maíz incluye sembrar en suelos con buen drenaje.

Carbón Común (*Ustilago maydis*): El carbón común ocurre ampliamente en los lugares que se produce maíz, siendo más severo en ambientes húmedos y templados. Ataca los tallos, hojas, mazorcas y panojas. Los granos son reemplazados por unas agallas blancas que con el tiempo se rompen y liberan masas negras de esporas que infectarán siembras subsiguientes. La incidencia de este carbón es mayor en suelos altos en nitrógeno y en campos de producción de semilla donde se realiza remoción manual de la panoja. La enfermedad es más severa en plantas jóvenes en estado activo causándoles enanismo o la muerte. En Puerto Rico este hongo afecta el maíz, pero no es de importancia económica. El manejo integrado de carbón común incluye: Siembra de variedades resistentes o tolerantes, rotación de cultivos y la destrucción de las agallas, en el caso de siembras pequeñas.



Foto 9. Síntomas del Carbón común. Tomado de: www.ipmimages.org

Carbón de la Espiga (*Sphacelotheca reiliana*): El carbón de la espiga puede causar daños económicos de importancia en zonas secas y cálidas. El hongo infecta las plántulas y los síntomas se observan cuando las plantas llegan a la floración y aparecen los estigmas. Los síntomas más importantes son: malformación y desarrollo anormal de las panojas y desarrollo de masas negras de esporas en las florecillas individuales y haces vasculares, visibles al abrir las brácteas de las mazorcas. El tratamiento de la semilla es efectivo en eliminar las esporas del hongo, aunque no previene la infección en suelo contaminado con carbón. Manejo integrado de carbón de la espiga incluye: siembra de variedades resistentes o tolerantes, la rotación de cultivos y tratamiento del suelo con fungicidas con permiso de uso en maíz.



Foto 10. Síntomas del Carbón de la espiga. Tomado de Dra. Consuelo Estévez

Pudriciones del tallo y la mazorca por hongos



Foto 11. Síntomas de la pudrición de la mazorca causado por *Gibberella zeae* – Tomado de: www.ipm.iastate.edu

Gibberella zeae y *G. fujikuroi* son hongos que causan pudriciones de la mazorca y del tallo y tizón de las plántulas. *G. zeae* es más común en áreas frescas y húmedas y produce un color rosado rojizo en los granos comenzando con los de la punta de la mazorca. *G. fujikuroi* es conocida como la pudrición del grano por *Fusarium.* Es probablemente el patógeno más común de la mazorca del maíz en todo el mundo, tanto en ambientes calientes y húmedos como en ambientes secos. Afecta granos individuales o áreas limitadas de la mazorca. Los granos infectados desarrollan un moho algodonoso y germinan estando aún en la mazorca. Cuando la infección es tardía los granos muestran rayas en el pericarpio. Las mazorcas dañadas por insectos barrenadores generalmente son infectadas por *G. fujikuroi*. Estos hongos producen compuestos orgánicos tóxicos a mamíferos y aves.

Aspergillus spp. son hongos que causa pudriciones de la mazorca. *A. niger* es el más común produciendo masas de esporas negras polvorientas que cubren tanto los granos como el raquis. En contraste, otras especies como *A. glaucus, A. flavus* y *A. ochraceus,* desarrollan masas de esporas amarillo-verdosas. La mayoría de las especies de *Aspergillus* producen compuestos orgánicos llamados aflatoxinas, que son tóxicos a mamíferos y aves. Esta enfermedad se puede convertir en un problema serio si se almacenan mazorcas infectadas con un alto contenido de humedad.



Foto 12. Síntomas de la pudrición de mazorca causado por *Aspergillus flavus.* Tomado de: www.ipm.iastate.edu

Penicilium spp. son hongos que pueden ocasionar daño a las mazorcas que han sido dañadas por insectos. El daño más frecuente lo causa *P. oxalicum*. Las esporas de este hongo son de color azul verdoso y crecen entre los granos y en la superficie del raquis. Los granos dañados desarrollan un color amarillento y rayas visibles en el pericarpio.

Las pudriciones de la mazorca por *Aspergillus* y *Penicillium* normalmente se limitan a ciertas zonas de las siembras, ocurren muy rara vez y sus consecuencias son mínimas en el cultivo. El manejo integrado de las pudriciones del tallo y la mazorca incluye:

1. Mantenimiento de buen vigor de la cosecha durante todo el ciclo.
2. Uso de un programa de fertilización adecuado.
3. Selección de fechas de siembra apropiadas para las variedades que haya disponibles en su área.
4. Control del daño causado por insectos a la mazorca.
5. Almacenamiento del grano a una temperatura y humedad adecuadas.

Enfermedades causadas por bacterias

Pantoea stewartii subsp. Stewartii es transmitida por la semilla y diseminada por algunos coleópteros del maíz (ej. *Chaetocnema pulicaria*). La infección por esta bacteria ocurre durante los estados iniciales del desarrollo de la planta. Se observa un crecimiento anormal de las plantas afectadas y mueren al poco tiempo de florecer. La bacteria entra por las heridas causadas por los insectos al alimentarse, desarrollando lesiones ovales y acuosas en estos puntos. Esta mancha acuosa se sigue extendiendo a lo largo de las venas observándose una necrosis total de las hojas. La infección se desarrolla sistémicamente por el tallo y causa la marchitez total de la planta. Esta enfermedad está reportada en Puerto Rico, sin embargo, se encuentra esporádicamente. El manejo integrado de marchitez bacterial de Stewart incluye:

1. Siembra de variedades resistentes o tolerantes.
2. Aplicación de insecticidas para el control de insectos, especialmente en campos de producción de maíz dulce.



Foto 13. Síntomas de la Marchitez Bacterial de Stewart – Tomado de: www.ipmimages.org

Pudrición Bacteriana del Tallo y la Raíz: Las bacterias *Erwinia chrysanthemi pv. zeae* y *Erwinia dissolvens* se diseminan rápidamente y causan la muerte de las plantas en condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa altas. Las plantas infectadas muestran un color más oscuro y una pudrición acuosa en la base del tallo y las raíces. La descomposición bacteriana produce un olor desagradable. Estas bacterias son transmitidas en la semilla. El



Figura 14. Erwinia chrysanthemi pv. Zeae. Tomada de https://www.forestryimages.org/

manejo integrado de las pudriciones bacterianas del tallo y la raíz incluye:

1. Arado e incorporación al terreno de los residuos de cosecha.
2. Evitar la acumulación de agua en el terreno.

Enfermedades causadas por virus y fitoplasmas

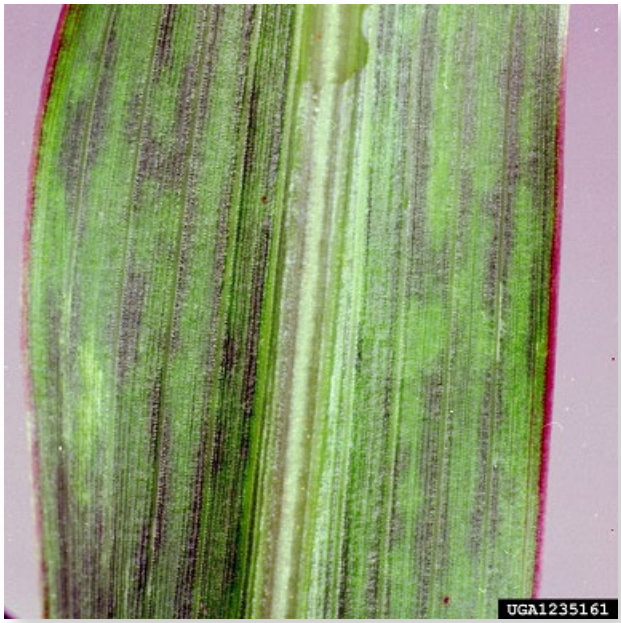


Foto 15. Síntomas del Mosaico del Enanismo del Maíz –Tomado de: http://www.ipmimages.org/images/768x512/1235161.jpg

Mosaico del Enanismo del Maíz [*Maize Dwarf Mosaic Virus* (MDMV)] Este virus es transmitido por la savia y por áfidos, principalmente *Rhophalosiphum maidis*. Puede afectar otros hospederos como los pastos, el sorgo, la yerba Johnson y la caña de azúcar. Las especies de hoja ancha no son afectadas. Se caracteriza por producir un mosaico en la base de las hojas más jóvenes. Algunas veces se observan rayas cloróticas angostas a lo largo de la venación y más tarde una clorosis general y rayas más verdes y abundantes en las hojas jóvenes. En plantas maduras se observa una coloración rojiza púrpura y a veces puede ocurrir enanismo severo. Las mazorcas se desarrollan muy pequeñas si las plantas se infectan jóvenes.

Mosaico I del Maíz [*Maize Mosaic Virus* (MMV)]: Esta enfermedad se ha encontrado en Cuba, Hawái, Trinidad, Venezuela y Puerto Rico afectando el maíz y otras gramíneas. Es transmitida por el peregrino del maíz, *Peregrinus maidis*. Las plantas son más susceptibles de 4 a 6 semanas después que germinan. Se observa enanismo de las plantas infectadas y desarrollo de rayas gruesas a lo largo de las venas. Los síntomas incluyen hojas más cortas de lo normal, y de apariencia áspera y carnosa. Se observan rayas de color amarillo intenso en el follaje y una coloración rojiza púrpura, seguido de la necrosis total del tejido.

Espiroplasma del Enanismo del Maíz [*Corn Stunt Spiroplasma* (CSS)]: *Spiroplasma kunkelii*, el fitoplasma causante del CSS es transmitido por el saltahojas (*Dalbulus maidis*), el cual lo adquiere de plantas de maíz infectadas al alimentarse. El primer síntoma que se observa es clorosis de los márgenes de las hojas seguido por la presencia de una coloración rojiza en las hojas viejas. Se desarrollan manchas pequeñas cloróticas en la base de las hojas nuevas, las cuales se van juntando hasta formar estrías cloróticas. Las estrías se extienden hacia la punta de la hoja hasta afectarla completamente. Las plantas muestran enanismo severo, desarrollo excesivo de los renuevos, acortamiento de los entrenudos y esterilidad de la espiga. Las plantas que son afectadas durante etapas tempranas de su desarrollo no producen granos y aquellas que son infectadas cerca de la florecida producen mazorcas pequeñas o con pocos granos. Una epidemia severa de esta enfermedad fue observada durante los años 1998 hasta 2000, en las siembras de maíz de las compañías de semilla *winter nurseries* y siembras de ensilaje de maíz en la zona sur de Puerto Rico. El manejo integrado de esta enfermedad incluye:



Foto 16. Síntomas de Espiroplasma del Enanismo del Maíz. Tomado de: www.ipmimages.org

1. Siembra de variedades resistentes o tolerantes.
2. Aplicación de insecticidas para el control de insectos vectores. (Ver suplemento de plaguicidas).
3. Control de malezas que sirven de refugio a los saltahojas.
4. Rotación de cultivos.
5. Mantenimiento de una fertilización adecuada del cultivo, ya que los saltahojas son atraídos por plantas amarillentas.
6. Destrucción de las plantas enfermas para disminuir los niveles de la enfermedad en la siembra.
7. Mantenimiento de la finca limpia de áreas que sirvan de refugio al insecto.
8. Destrucción de todo el maíz voluntario de las áreas donde hubo siembras y ya no las hay.

Nematodos

La literatura resalta a varias especies de nematodos que causan pérdidas al cultivo del maíz; el nematodo lesionador (*Pratylenchus zeae*), el nematodo de la agalla (varias especies de *Meloidogyne*), el nematodo de quiste (*Heterodera zeae)* y los nematodos de espiral (*Helicotylenchus* y *Rotylenchus)*. Sin embargo, la Universidad de Puerto Rico identificó otras especies como; T*ylenchorhynchus, Hoplolaimus, Ditylenchus, Tylenchus, Xiphinema*, entre otros, asociados a la rizósfera del maíz. Estas observaciones indican que las raíces del maíz pueden albergar gran diversidad de géneros de nematodos fitoparasíticos.

La información sobre nematodos asociados al maíz en Puerto Rico es limitada. Bee-Rodríguez y Ayala (1977) reportaron la presencia de *Pratylenchus zeae* en muestras de raíces de sorgo, especie que es considerada importante en el maíz. Por otro lado, tradicionalmente el maíz se utiliza como cultivo de rotación, particularmente en siembras de tomate. Esta práctica responde a que el maíz no es buen hospedero del nemátodo nodulador sureño (*Meloidogyne incognita*) y del nemátodo reniforme (R*otylenchulus reniformis*) (Acosta et al., 1991). En base a estos resultados, es importante identificar la especie de nematodo que se encuentre parasitando las raíces.

Por otro lado, no debemos subestimar a estos gusanos microscópicos, dado que su mayor peligrosidad es su interacción con hongos habitantes del suelo. A pesar de que el daño directo por nematodos es una pequeña ruptura en las células de la raíz, esta lesión sirve como puerta de entrada a hongos como; *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Pythium*. Una vez uno de estos hongos logre acceso al interior de la raíz, el crecimiento y desarrollo del maíz será reducido. De igual forma, los nematodos sirven como agentes incitantes de bacterias patógenas habitantes en el suelo. Citando a la profesora Margarita Sillón; “los nematodos y hongos patógenos son mala junta para el maíz”.

El daño y los síntomas causado por los nematodos dependerá de la variedad de maíz sembrada, la especie de nematodo predominante en el predio, el grado de infestación de esta especie y las condiciones ambientales. En general, una planta parasitada por nematodos exhibirá enanismo y hojas amarillentas (Foto 17). En casos determinados se pueden observar hinchazones en las raíces (*Meloidogyne*) o lesiones oscuras (Foto 18) en las raíces (*Pratylenchus*). Cuando las poblaciones de nematodos son notablemente altas, pudiera ocurrir la incidencia de parchos (áreas en el predio con plantas muertas), particularmente en cultivo jóvenes.

Una vez los nematodos hayan infestado el suelo, no es viable erradicarlos. La alternativa es maximizar las prácticas agronómicas para beneficiar el cultivo y promover un ambiente hostil al nematodo. Dado que los nematodos principalmente se diseminan por movimiento de tejido y suelo infestado, se debe maximizar las prácticas de saneamiento (usar equipo y materiales libre de suelo). Las rotaciones con cultivos de otras especies (evitar sembrar otras gramíneas) puede resultar efectivo contra ciertos géneros de nematodo. Dejar el predio libre de cultivo (barbecho), también pudiera provocar a una reducción en las poblaciones de nematodo en el suelo. Ciertamente, usar nematicidas y otros productos comerciales reducirían las poblaciones o el daño de nematodos, pero antes de usarlos debe analizar la viabilidad económica y los riesgos a la salud y el ambiente. Es importante tomar muestras de suelo y raíces rutinariamente para identificar correctamente la especie de nematodo presente en el campo y las densidades poblacionales.



Foto 17. Síntomas de enanismo en maíz causado por el nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.). Foto usada con permiso del Dr. Edward Sikora.



Foto 18. Raíces de maíz provenientes de suelo infestado por nematodos mostrando lesiones necróticas. Síntoma característico de *Pratylenchus* spp. Foto usada con permiso de Tamra Jackson Ziems (https://cropwatch.unl.edu/2016/corn-nematodes-scout-sandy-soils-now-other-soils-any-time)

Insectos que afectan el maíz

El manejo de las poblaciones de plagas es una actividad esencial para la producción exitosa de maíz en Puerto Rico. Esto comienza con un monitoreo frecuente y sistemático de las poblaciones en el campo. El monitoreo de las poblaciones de plagas requiere el uso de técnicas apropiadas de muestreo y el conocimiento de los posibles daños que plagas específicas pueden causar en diferentes etapas de desarrollo de la planta de maíz. El cultivo de maíz frecuentemente puede tolerar un nivel bajo de daño en ciertas etapas de desarrollo. Además, los enemigos naturales pueden ayudar a mantener algunas poblaciones de plagas por debajo de los umbrales económicos (el nivel de una población de una plaga en que se debe iniciar una medida de control para evitar pérdidas económicas).

Por lo general, el maíz dulce es más susceptible al ataque de insectos que el maíz de campo. Por lo tanto, los umbrales económicos para maíz dulce podrían variar de los de maíz cosechado como grano seco o no seco.

El manejo integrado de plagas utiliza diferentes tácticas para mantener las poblaciones de las plagas por debajo de los umbrales económicos (umbrales de acción). Las mejores prácticas de manejo de plagas deben ser efectivas, económicamente viables y amigables con el medioambiente. Los depredadores y parasitoides pueden reducir las poblaciones de plagas en el maíz. Por lo tanto, es importante que el agricultor cree las condiciones en el campo que favorezcan las poblaciones de los enemigos naturales.

La rotación del maíz con otros cultivos, especialmente con leguminosas, ayuda a interrumpir los ciclos de vida de las poblaciones de plagas. Prácticas de labranza que incorporan residuos de los cultivos y la eliminación de posibles refugios de plagas en los bordes del campo pueden ayudar a reducir las poblaciones de estas.

Las variedades de maíz ‘Mayorbela 05’ y ‘Suresweet’ han sido seleccionadas para tener cáscaras largas y apretadas que ayudan a proteger las mazorcas de los daños causados por plagas. Welker et al. (1997) confirmaron que la variedad de maíz dulce ‘Suresweet’ de Puerto Rico tiene mayor resistencia al gusano de mazorca de maíz, *Heliocoverpa* zea (Boddie), que la mayoría de las líneas de maíz dulce.

Existen diferentes estrategias disponibles para el manejo de plagas y patógenos en la producción de maíz orgánico. Estas estrategias también pueden emplearse para la

producción convencional de maíz. Por ejemplo, *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki es un insecticida microbiano que controla algunos gusanos tales como *H. zea* y *Spodoptera frugiperda.* Otros productos de origen biológico como el spinosad y el *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovirus (HearNPV) también poseen una alta selectividad en el control de orugas.

Actualmente en el mercado hay disponible una variedad de insecticidas que proveen un buen nivel de control de las plagas de maíz. Es importante que antes de seleccionar un insecticida se identifique correctamente la plaga, determinar la severidad de la infestación y la etapa de desarrollo de la planta de maíz. En algunos casos, el uso de insecticidas podría resultar costoso para controlar la plaga. Los agricultores pueden controlar los costos de producción aplicando productos químicos sólo cuando sea necesario y utilizando la dosis necesaria para controlar la plaga. Antes de aplicar un plaguicida lea la etiqueta y asegúrese que tanto la plaga identificada como el cultivo de maíz se encuentren en la misma. De tener alguna duda con la etiqueta consulte con el Servicio de Extensión Agrícola o su distribuidor de plaguicidas.

A continuación, encontrará información sobre algunas plagas de importancia económica en el cultivo de maíz en Puerto Rico. Estas descripciones incluyen opciones para su manejo.

Insectos del suelo



Foto 19. Larvas y adulto de *Phyllophaga spp*. -– Tomado de: Larvas, Clemson University - USDA Cooperative Extension Slide Series, Bugwood.org . Adulto, Steven Katovich, Bugwood.org.

Los gusanos blancos son las etapas inmaduras de los caculos y la vaquita de la caña. Entre los caculos más comunes en la Isla se encuentran *Phyllophaga spp.* y *Tomarus cuniculus* (Fabricius), ambos del orden Coleóptera y familia Scarabeidae. Las larvas de estos caculos son blancas o cremas, en forma de "C" con tres pares de patas en el tórax. Las larvas de la vaquita de la caña, *Diaprepes abbreviatus* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) se diferencia de las otras en que son más pequeñas y carecen de patas. Estas larvas afectan las plántulas del maíz al comer las raíces. Altas poblaciones de estos gusanos en el suelo pueden llegar a dañar plantas adultas. Esto debido a que las larvas se alimentan de las raíces secundarias de anclaje y de la raíz principal, debilitando la planta y provocando que se incline y caiga. Para disminuir las poblaciones de larvas, se recomienda arar el suelo antes de la siembra. Esta acción expone las larvas a sus enemigos naturales, mientras que no realizarla puede favorecer el aumento en las poblaciones. Para reducir las poblaciones de larvas se recomienda arar el suelo antes de la siembra. Esta práctica expone las larvas a sus enemigos naturales y el no realizarla puede ayudar al aumento de las poblaciones. Otra práctica es realizar aplicaciones de insecticidas microbiales a base del hongo *Beauveria bassiana* o del nematodo entomopatogénico *Heterorhabditis bacteriophora*.

Insectos del tallo



Foto 20. Larva y adulto de *Diatraea saccharalis* Tomado de: William White, Bugwood.org

Diatraea saccharalis (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae): Este insecto es más común en el cultivo de la caña de azúcar y se le conoce como el barrenador de la caña. Dependiendo donde se siembre el maíz, este insecto podría ser perjudicial al cultivo. El adulto deposita las masas de huevos de color cremoso en las hojas, todos juntos en hileras sobrepuestas como tejas. La larva eclosiona y penetra por el cogollo, alimentándose de los entrenudos y barrenando todo el tallo del maíz. Esto hace que se detenga el crecimiento de la planta al destruir los tejidos centrales del tallo, en ocasiones

causando mal olor. Las larvas de los primeros estadios pueden causar agujeros en las hojas o penetrar las venas de las hojas y hojarasca. Podría haber dos generaciones de este insecto por ciclo de cultivo. Se recomienda recoger y destruir todos los residuos de la cosecha infestada, sembrar en los meses de diciembre a abril y rotar el maíz con otros cultivos que no sean gramíneas. Bajo condiciones de una alta población de insectos se recomienda la aplicación de insecticidas con alta especificidad para orugas.

Insectos del follaje



Foto 21. Larva de *Spodoptera frugiperda* – C: Frank Peairs, Colorado State University, Bugwood.org

Oruga cogollera del maíz: *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Este insecto también se le conoce como la oruga de regimiento de otoño o “fall armyworn” y aunque ataca a casi todas las gramíneas, el maíz es uno de sus hospederos preferidos. Se ha reportado también afectando solanáceas, cruciferáceas, cucurbitáceas y leguminosas, entre otras. La larva puede devorar todo el follaje en plantas jóvenes o en desarrollo cuando aún están enroscada y en ocasiones pueden destruir el cogollo. El daño se manifiesta con una serie de agujeros en hileras que aparecen una vez la hoja se desenrolla. Es muy común encontrar la larva dentro de las envolturas de las hojas. En poblaciones muy altas se podría encontrar afectando al grano de maíz en la mazorca. Cuando escasea el alimento la larva puede emigrar a otros cultivos o de otros cultivos vecinos puede emigrar hacia el maíz. Generalmente la hembra oviposita en plantas jóvenes donde el daño es mayor. En ocasiones puede ovipositar en plantas maduras donde las larvas se alimentarán de las mazorcas que se encuentren en desarrollo. El

adulto deposita los huevos en las hojas en masas de 100 huevos o más, los cuales pueden estar cubiertos por escamas grisáceas de la hembra. Los huevos eclosionan entre los 2 hasta los 10 días, y las larvas pasan por seis estadios en un período aproximado de 20 días. La pupa se alberga en el suelo a una profundidad promedio de 2 a 8 cm por aproximadamente 10 días. El tiempo promedio de huevo a adulto es de aproximadamente 35 días, por lo que pueden tener varias generaciones por año.

La larva tiene una sutura en la cabeza en forma de "Y" invertida, muy prominente y de color blanco. Tiene setas largas que salen de unos tubérculos negros en el cuerpo. Tiene además cuatro puntos negros arreglados en forma de trapezoide en la mayoría de los segmentos dorsales. Las larvas jóvenes son verduscas, mientras que las maduras son de color gris-violáceo.

El adulto tiene las alas delanteras grises moteadas con manchas oscuras y claras de color negro o marrón. Mayormente estas manchas no forman ningún patrón, pero hay individuos que tienen marcas muy conspicuas claras y obscuras. Las alas traseras son blancas grisáceas, dándole una apariencia plateada. Los machos generalmente tienen colores más marcados que las hembras.

En Puerto Rico se han reportado varios enemigos naturales, entre ellos, tres especies de moscas parasíticas taquínidas (*Archytas marmoratus* (Townsend) y *Lespesia* sp.), un parasitoide de huevos (*Trichogramma pretiosum* Riley), tres parasitoides de la familia Braconidae (*Cotesia marginiventris* (Cresson), *Chelonus insularis* Cresson *y Euplectrus furnius* (Walker), y hongos entomopatógenos (*Spicaria rileyi* y *Empusa sphaerosperma*). La acción de estos por sí solos no suele ser suficiente para lograr un control adecuado por debajo del umbral económico de daños y se requiere la integración de otras estrategias como el uso de trampas y la aplicación de plaguicidas. Para comenzar las aspersiones de insecticidas se recomienda un umbral de acción de 10 % a 30 % de plantas jóvenes (V1-V6) infestadas con larvas, dependiendo de la resistencia que posea la variedad de maíz utilizada (McGrath, 2018). La cantidad de adultos capturados en trampas de feromonas también puede ser utilizado como umbral de acción contra esta plaga. Capturas semanales de más de 14 individuos se considera cantidad suficiente para comenzar las aspersiones. Para más detalles sobre el uso de trampas acceda esta publicación. Es importante que la aplicación sea dirigida hacia las hojas, especialmente las que se están desarrollando. En lugares con historial de altas o continuas infestaciones de este insecto se debe empezar el muestreo de insectos desde que la planta tenga un pie de alto. Estudios demuestran que un programa de manejo integrado de plagas consistiendo en la utilización de trampas de feromonas, liberaciones

del parasitoide de huevos *T. pretiosum* y aspersiones de los bioinsecticidas *Bacillus thuringiensis* y *Metarizium anisopliae* resultaron en menores poblaciones de la plaga y un aumento en el rendimiento por acre de maíz. En huertos caseros se recomienda buscar las pupas que están enterradas en el suelo y destruirlas o el uso de productos bioracionales como aceite de neem, piretrinas y/o spinosad. También, se recomienda el uso de variedades resistentes como la "Diente de Caballo" la cual posee una resistencia intermedia a este insecto.

Rhopalosiphum maidis conocido como el áfido del maíz y *Sipha flava* conocido como el áfido amarillo de la caña son los dos áfidos más comúnmente encontrados en el maíz y las gramíneas en general. Al áfido del maíz se le asocia con el virus del mosaico de la caña de azúcar, pero hasta ahora no se asocia con ningún virus en el maíz. Este insecto es de color azul - verdoso y generalmente se puede encontrar afectando las hojas en plantas jóvenes, debajo de hojas de la planta adulta, o en la parte superior de los tallos. Estos insectos se alimentan chupando la savia de la planta, donde la acción misma de alimentarse hace que la lámina de la hoja se distorsione y se doble o enrosque. Poblaciones altas pueden afectar severamente el crecimiento de plantas jóvenes y en ocasiones causar la muerte. Estos se hospedan en malezas, de manera que desyerbar predios aledaños a la siembra de maíz puede provocar infestaciones por la emigración del áfido hacia el cultivo. Se han reportado varios enemigos naturales, entre ellos coccinélidos, larvas de sírfidos y neurópteros. El parasitoide *Aphidius colemani*, usado en control biológico aumentativo, ha demostrado reducir las poblaciones de este insecto. Aunque existe una serie de enemigos naturales que pueden contener esta plaga, es importante que en siembras nuevas se haga el muestreo en las plantas jóvenes y de encontrar una alta incidencia realicen aplicaciones de insecticidas. Existen insecticidas con una alta selectividad para el control de áfidos como los bloqueadores de alimentación selectiva con los ingredientes activos: pymetrozine, pyrifluquinazon y el flonicamid.



Foto 22. Etapa ninfa y adulto de Áfidos: *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) (Hemiptera: Aphididae) y *Sipha flava* (Forbes). Tomado de: *Rhopalosiphum maidis* 5368258: Merle Shepard, Gerald R. Carner, and P.A.C Ooi, Insects and their Natural Enemies Associated with Vegetables and Soybean in Southeast Asia, Bugwood.org and *Sipha flava* 5512070: Kansas Department of Agriculture, Bugwood.org

El áfido amarrillo de la caña predomina en las áreas secas de Puerto Rico. Puede tener

hasta dos generaciones por mes y suelen vivir en colonias debajo de las hojas principalmente hacia las puntas de estas. La actividad de alimentación causa que las puntas de las hojas se tornen amarillas y rojizas y eventualmente se tornen marrón y se marchiten. Una infestación severa puede causar que toda hoja se seque y podría destruir toda la siembra de plantas jóvenes. Durante períodos de humedad excesiva hay hongos que pueden ayudar a controlar a este insecto, estos son los hongos entomopatógenos *Acrostalagmus albus* y A. *aphidium.*



Foto 23. Adulto de insecto *Dalbulus maidis.* Tomado de : www.apsnet.org

Saltones *Dalbulus maidis.* (Hemiptera: Cicadellidae): Los adultos de este saltón son amarillos y pueden identificarse por tener dos manchas redondas y negras en el vórtice de la cabeza, una detrás de cada ocelo. Se pueden encontrar las ninfas y adultos juntos en la planta de maíz. Aunque el maíz es el hospedero favorito se puede asociar a otras gramíneas de géneros como *Bracharia, Digitaria, Eleucine, Pennisetum, Setaria* entre otros. Tanto las ninfas como adultos ejercen el mismo daño al alimentarse chupando la savia de la planta. Puede causar amarillamiento o enrojecimiento de las hojas en especial en plantas jóvenes las cuales son más susceptibles al ataque de este áfido.

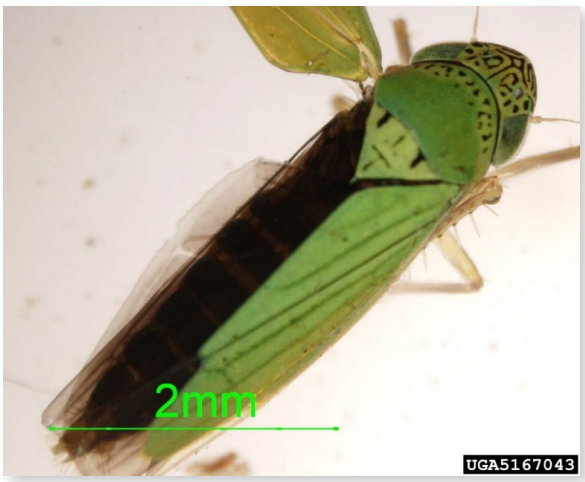


Foto 24. Adulto de *Hortensia similis.* Tomado de: Charles Olsen, Charles Olsen Insect Collection, USDA APHIS PPQ, Bugwood.org

Hortensia similis. (Hemiptera: Cicadellidae) El salta hojas de las gramíneas (*H. similis*) se encuentra frecuentemente en plantas jóvenes de maíz. El adulto es color verde brillante y se caracteriza por tener un patrón definido; color negro en la cabeza y protórax. Al igual que *D. maidis*, tanto ninfas como adultos se alimentan de la savia de las plantas. El daño es similar al causado por *D. maidis* y ambas especies pueden estar presentes a la misma vez. La lluvia y alta humedad pueden reducir la

abundancia de este insecto. Entre los enemigos naturales reportados están los parásitos de huevos *Brachistella prima* (Perkins), *Ufens niger* (Ashmead) y *Oligosita comosipennis* (Girault) y el hongo entomopatógeno *Empusa muscae*.

Peregrinus maidis (Ashmead) (Hemiptera: Delphacidae): Se le conoce como el peregrino del maíz, delfácido del maíz o saltón del maíz. La presencia de este insecto es bastante frecuente, el daño ocasionado al alimentarse es similar al de otros saltones. Esta plaga es vector de la enfermedad conocida como virus rayado del maíz o matizado del maíz. Esta enfermedad parecida al mosaico de la caña se distingue porque las hojas en plantas jóvenes presentan rayas amarillas y la planta deja de crecer y se torna clorótica. Los adultos presentan una coloración marrón contrastando con colores pálidos en la cabeza y el tórax. Sus alas son transparentes con marcas oscuras en el área apical. Tanto las ninfas como los adultos se encuentran mayormente dentro de la envoltura de las hojas jóvenes y el cogollo del maíz. Son insectos muy activos, saltan rápidamente y se esconden si son molestados. Los huevos son depositados en fila en la vena central del haz de la hoja. Niveles de infestación de 83 % o más puede causar la muerte de plantas jóvenes mientras que el efecto sobre plantas adultas es mínimo.



Foto 25. Daños en la hoja de maíz (minas) causado por *Agromyza parvicornis* – Tomado de: Frank Peairs, Colorado State University, Bugwood.org

Minadores de las hojas. *Agromyza parvicornis* Loew y *Cerodontha dorsalis* (Loew) (Diptera: Agromyzidae). Son minadores de las hojas que se encuentran ocasionalmente en plantas jóvenes del maíz. Su daño se caracteriza por la mina serpentina clara que ocasiona la larva al alimentarse del mesófilo de las hojas. *Cerodontha dorsalis* es la especie más común la cual hace una mina larga y estrecha donde a veces la larva sale de la mina para empezar otra. Mientras que *A. parvicornis* ensancha su mina hasta formar una ampolla. Ambos tienen tantos enemigos naturales por lo cual nunca llegan a abundar lo suficiente para poder causar daño y considerarse una plaga primaria. Sin embargo, bajo aplicaciones frecuentes de insecticidas, en las primeras etapas del cultivo, podrían eliminarse los enemigos naturales y convertirse en un problema.



Foto 26. Adulto de *Diabrotica* spp. – Tomado de: www.ipmimages.org. R.L. Croissant, Bugwood.org

Crisomélidos. *Diabrotica graminea* Baly, *Disonycha eximia* Harold *y Systena basalis* Jacquelin-Duval (Coleoptera: Chrysomelidae). Son escarabajos que se alimentan de las hojas del maíz. No se consideran plagas primarias, pero bajo ciertas condiciones, donde la planta no esté bien cuidada y la población de insectos sea sumamente alta, el daño a las hojas puede ser severo. *Diabrotica graminea* es de color verdoso. *Disonchya. eximia* tiene el cuerpo color rojo anaranjado brillante con élitros verdes brillante, los ojos, antenas y parte de las patas son de color negro y pubescentes. *Systena basalis* es de color negro metálico con cuatro puntos claros en el dorso de las hembras; los machos son de color castaño metálico con dos rayas a lo largo de los élitros.

Insectos de la mazorca

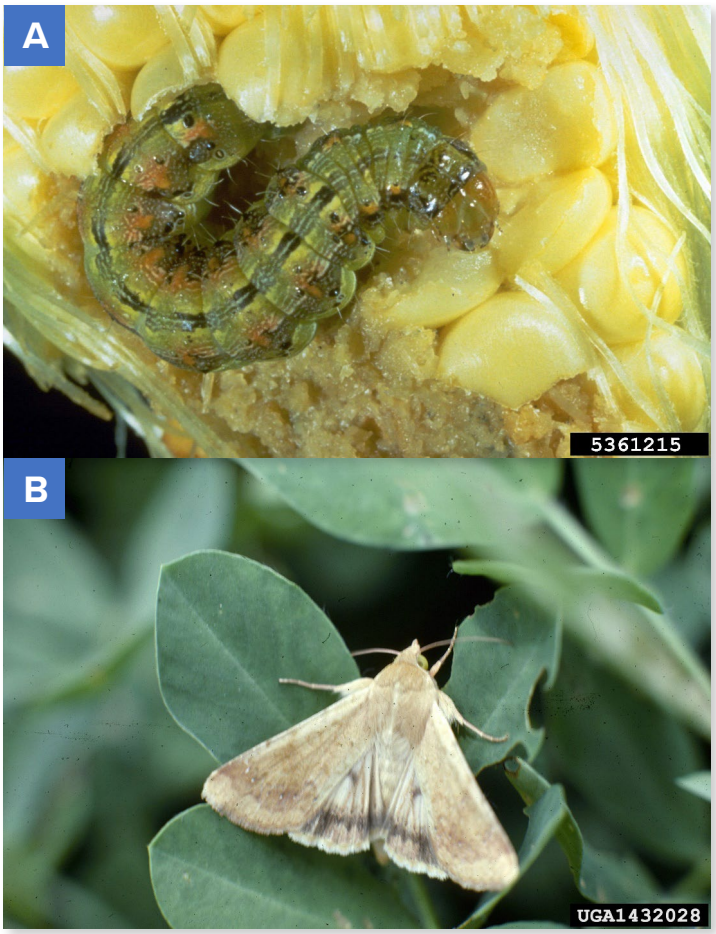


Foto 27. a) Larva y b) adulto de *Helicoverpa zea* – Fuente: www.ipmimages.org Larva: R.L. Croissant, Bugwood.org. Adulto: Steve L. Brown, University of Georgia, Bugwood.org

Gusano de la mazorca. *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae): Podría considerarse la plaga principal del maíz ya que ataca directamente la parte comestible y comercial de este cultivo. En Puerto Rico, con las variedades actuales es prácticamente imposible obtener mazorcas libres de este insecto. El gusano de la mazorca se encuentra en todas las siembras de maíz en la Isla. Además, está presente todo el año en abundancia suficiente para causar daño económico de importancia. La larva de este insecto varía entre amarilla, negro o verde; con franjas obscuras longitudinales lateralmente y sin gránulos. La larva se alimenta de los granos de la mazorca, dañando así su potencial comercial. En estudios realizados en Puerto Rico se ha demostrado que una sola larva puede dañar como promedio un 20 % de la mazorca en híbridos de maíz dulce. Es común encontrar infestaciones desde un 28 % hasta 87 % de las plantas. El adulto es de color gris amarillento y pone sus huevos por lo general en las barbas de las mazorcas. Al eclosionar, las larvas salen y se alimentan un poco de las barbas, después entran a la mazorca donde se alimentan del grano interno. Por lo general, solamente se encuentran una o dos larvas en la mazorca ya que tienen hábitos canibalísticos. Después de completar su crecimiento, la larva hace un agujero en la envoltura de la mazorca y se deja caer al suelo para enterrarse y pupar. Ocasionalmente se pueden encontrar pupas en la mazorca. Además de comer el grano, puede defecar dentro de la mazorca causando pudrición de esta. Su ataque promueve que plagas oportunistas o secundarias, como la mosca otitida, invadan la mazorca agravando el daño. Además, la acción de comerse las barbas reduce el cuaje de granos. Por lo general, el control químico es el más utilizado, aunque en ocasiones se registran promedios de control de solamente el 50 %. La efectividad del control químico dependerá del insecticida, del método y momento de la aplicación y de la variedad

de maíz utilizada. El periodo crítico para el control de *H. zea* en el maíz es antes de la floración completa, cuando hay de un 60 a 70 % de plantas florecidas con barbas que midan alrededor de 4 cm. de largo. Las aplicaciones de insecticidas deben comenzarse por lo menos una semana antes de la aparición de las barbas y se recomienda el uso de insecticidas con acción ovicida como los piretroides, los reguladores de crecimiento (emamectina y novaluron), los insecticidas selectivos (chlorantraniliprole), y los bioraccionales como spinosad. Otra alternativa es comenzar aplicaciones dirigidas a las mazorcas cuando las barbas estén verdes. Las aplicaciones deben de realizarse cada dos o tres días mientras dure el brote de barbas. La publicación titulada 'Sweet corn Pest Identification and Management' recomienda aplicaciones a intervalos de dos o tres días cuando el número de larvas y la temperatura es alta. Después pueden ser semanalmente hasta por lo menos una semana antes de cosechar, las etiquetas de cada insecticida indicarán los particulares. Se recomienda que por lo menos las primeras aplicaciones sean con insecticidas con propiedades ovicidas. Se pueden complementar con insecticidas biológicos a base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) o el virus nuclear polyhedrosis de *Helicoverpa zea*. No se recomienda usar formulaciones de Bt por si solas, ya que éstas no son efectivas para el control de este insecto. Una vez la larva se encuentre dentro de la mazorca, el control resulta más difícil. En este caso se pueden alternar los insecticidas con propiedades sistémicas. Se pueden reducir significativamente las infestaciones para la próxima siembra si se ara el terreno tan pronto se acabe la cosecha, ya que eliminaría muchas pupas. El uso de variedades resistentes es una alternativa real, por ejemplo, en híbridos de maíz dulce (Hawái 68) sin el uso de insecticidas se ha logrado cosechar un 90% de mazorcas comerciales. Otra variedad tolerante es 'Mayorbela 05'. Entre los enemigos naturales más importantes identificados en Puerto Rico está el parásito de huevos *Trichogramma spp.* (Hymenoptera: Trichogramatidae) y el depredador *Orius pumilio* (Champion) (Hemiptera: Anthocoridae). Ocasionalmente se han visto avispas *Polistes spp.* depredando la larva.

Mosca otítida *Euxesta stigmatias* Loew (Diptera: Otitidae): Es una mosca que comúnmente se encuentra asociada al maíz. Los adultos son de color verde metálico con ojos rojizos y alas con bandas negras. Las alas están en constante movimiento, aun cuando el insecto está en reposo. En estudios realizados en Puerto Rico demostraron la mayoría de las siembras están infestadas con este insecto en mayor o menor grado. Se puede considerar una plaga secundaria, ya que las hembras solo ovipositan en las barbas de las mazorcas dañadas o atacadas por el gusano de la mazorca. Generalmente las mazorcas se infestan de una a dos semanas después de la etapa de barbas. Una vez eclosionan los huevos, las larvas se alimentan de los granos aportando así al daño

y a la pudrición de la mazorca. En ocasiones las larvas pueden penetrar el centro o corazón de la mazorca provocando un grano de baja calidad. De no lograrse un control adecuado estas pueden convertirse en plaga primaria y causar daños económicos considerables. El porciento de infestación está relacionado con la etapa de madurez de la mazorca. La etapa de huevo puede durar de dos a cuatro días, la larva se alimentará por un tiempo de las barbas de la mazorca y eventualmente llegará al maíz tierno para alimentarse. Una generación puede completarse entre 30 a 40 días, donde la etapa larval que es la que ocasiona el daño puede durar un promedio de 20 días. Al madurar el maíz el insecto sale de la mazorca y pupa en el suelo, aunque ocasionalmente se puede encontrar pupas en la mazorca. Por lo general, mazorcas afectadas tendrán la punta dañada, pero en ocasiones la mazorca entera se puede afectar. El daño principal que ocasionan es la mala apariencia y mal olor que adquieren las mazorcas afectando así su valor comercial. Una vez dentro de la mazorca su control se dificulta. Generalmente las mismas medidas utilizadas para el control de *H. zea* ayudarán a controlar este insecto.

Insectos del grano de maíz almacenado



Foto 28. Etapa adulta de Sitophilus zeamais – Gary Alpert, Harvard University, Bugwood.org

La mayoría de los insectos que afectan el grano almacenado del maíz, las harinas o productos a base de maíz como los cereales, son larvas y adultos de coleópteros. En Puerto Rico hemos detectado la presencia del gorgojo del grano de cuello cuadrado ("squareneck grain beetle"), *Cathartus quadricollis* (Guérin-Méneville) (Silvanidae); del gorgojo del maíz ("corn sap beetle"), *Carpophilus dimidiatus* (Fabricius) (Nitidulidae); el picudo del grano de pico ancho ("broadnosed grain weevils"), *Caulophilus oryzae* (Gyllenhal) (Curculionidae); el picudo del maíz ("maize weevils"), *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Curculionidae) y *Dinoderus minutus* (Fabricius) (Bostrichidae). También es común encontrar larvas de lepidópteros, tales como *Pyroderces spp.* (Cosmopterigidae) y *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Gelechiidae). Estos insectos se alimentan del endospermo del grano de maíz. El control en granos almacenados no es fácil si el grano es utilizado como alimento. Algunos ejemplos son utilizar un insecticida con permiso de uso para granos

almacenados. Es importante mantener el área de almacén libre de granos en el suelo como parte de las prácticas de saneamiento y la utilización de mallas metálicas como medida de exclusión.

La cosecha

El número de días desde la siembra hasta la cosecha dependerá de la variedad, del manejo de la cosecha y del propósito de la siembra, puede fluctuar de 120 a 150 días a madurez. Existen fórmulas para calcular las temperaturas diarias acumuladas que pueden usarse para predecir diferentes etapas de desarrollo de la planta de maíz. La primera vez que se produce un híbrido o variedad en una finca, el productor debe anotar la fecha de siembra y las fechas de las etapas importantes de desarrollo de la planta de maíz. Se puede usar las temperaturas máximas y mínimas diarias durante época de siembra para calcular las temperaturas diarias acumuladas necesarias para que ocurran diferentes eventos tales como la polinización y la madurez de la cosecha.

Maíz de campo

Se cosecha maíz para ensilaje cuando el contenido de humedad de los granos en la mazorca fluctúa entre 33 - 40 % y el grano está en estado lechoso duro. La variedad 'Mayorbela 05' es bien adaptada para la producción de ensilaje. La cosecha de maíz para este propósito requiere equipo especializado. En las regiones de los Estados Unidos con altas concentraciones de ganado, hay operadores que cobran una cuota para la cosecha de maíz para el ensilaje. Esto permite al operador recuperar más rápidamente su inversión en los equipos. Debido a que el maíz se puede cosechar para el ensilaje la mayor parte del año, debería ser más fácil para un operador recuperar su inversión en Puerto Rico.

La cosecha para grano seco se realiza cuando el grano tiene no más de 15 % de humedad. Se puede usar un medidor de humedad del grano para monitorear la humedad de la semilla. El grano del maíz se puede cosechar con una humedad más alta utilizando el secado de maíz con aire natural.

El maíz se puede producir utilizando diferentes niveles de tecnología. Pequeños campos de maíz se pueden cosechar manualmente y las mazorcas se pueden almacenar en estructuras simples con buena ventilación. Se deben tomar medidas para controlar las poblaciones de roedores cuando se almacena el maíz. Hay desgranadores fabricados

para agricultores de pequeña escala que se pueden utilizar para descascarar el grano de maíz de la mazorca.

La cosecha, el secado y el almacenamiento del maíz pueden ser altamente mecanizados. La producción mecanizada de maíz puede ser una buena alternativa para los productores de ganado, cerdos o pollos que dependen del grano importado. El maíz se puede producir en rotación con cultivos de mayor valor, como hortalizas o leguminosas. El equipo necesario para producir, cosechar y almacenar el maíz puede ser utilizado para producir una variedad de cultivos incluyendo sorgo, soja y habichuelas.

El grano que se almacenará debe estar limpio y seco. Los granos de maíz deben haberse secado de forma uniforme como mínimo al 13 %, si se pretende mantenerlo almacenado por un largo período de tiempo. Se recomienda la aplicación de algún plaguicida registrado para granos almacenados.

Maíz dulce

La cosecha de maíz dulce puede ser manual o mecanizada. El maíz producido para consumo fresco o tierno debe de cosecharse temprano en la mañana cuando la temperatura está más fresca. El maíz dulce debe enfriarse sin demora para reducir la conversión de azúcar en almidón y la pérdida de sabor y ternura. La temperatura de enfriamiento óptima para el maíz dulce es de 32° F. El enfriamiento con agua es el método de post cosecha preferido para la producción comercial de maíz dulce. Las mazorcas de maíz dulce enfriadas rápidamente después de la cosecha y mantenidas a la temperatura óptima deben proveer un período de conservación en buena condición de 5 a 7 días.

La etapa de desarrollo óptima para cosechar maíz dulce o verde ocurre cuando las barbas se han vuelto marrones. El tamaño de las mazorcas debe ser uniforme y las mazorcas deben ser libres de daño por insectos y lesiones mecánicas. Los granos en las mazorcas deben ser lechosos y bien desarrollados.

Consideraciones económicas

En estos momentos, la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico no cuenta con el análisis de la viabilidad económica de la siembra de maíz. Cabe señalar que existe una alta demanda local para el maíz en grano seco y el costo de los alimentos es uno de los costos principales para la producción de pollos, cerdos y leche. Puerto Rico cuenta con los suelos y las condiciones climáticos favorables para la producción de maíz.

El propósito de la investigación de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico es desarrollar tecnologías que los agricultores pueden adoptar cuando las condiciones económicas favorecen la siembra de un cultivo. Hoy en día, se importa casi todo el maíz que se consume en Puerto Rico. Hay varios factores que podrían resultar en mayores precios del maíz en grano seco importado, como la introducción de una nueva plaga o mayor demanda de maíz de otros países.

Agricultores deben identificar mercados nichos para el cultivo de maíz, por ejemplo, la alta demanda de forraje en Puerto Rico. Esto debe ser una excelente alternativa para la producción de maíz en P.R., ya que importación de este no es factible debido a su alto peso y volumen.

Ya existe un mercado y producción local de maíz verde y maíz dulce. Los agricultores que siembran variedades mejoradas y utilizan las prácticas recomendadas en este manual deberían obtener rendimientos competitivos. Antes de realizar cualquier siembra de maíz, se recomienda realizar un análisis económico considerando el precio del producto, el rendimiento y los costos esperados. Los agricultores deberían haber asegurado un mercado para su cosecha antes de realizar la siembra. La Universidad del Estado de Iowa desarrolló presupuestos donde se puede entrar los datos para obtener estimados de ingreso y costo de producción comercial de maíz.

Referencias

Acosta, N., O. Román, N.E. Vicente y L.A. Sánchez. 1991. Sistemas de rotación de cultivos y los niveles poblacionales de nematodo. J. Agric. Univ. de Puerto Rico. 75:399-405.

Allan, R. G., L. S. Pereira, Dirk Raes y M. Smith, 1998. Directrices de evapotranspiración de los cultivos para calcular las necesidades hídricas de los cultivos. Documento 56 de la FAO sobre riego y drenaje, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

Beaver J.S., B.R. Brunner and A. Armstrong. 2012. Release of sweet corn (Zea mays L.) openpollinated cultivar 'Suresweet 2011'. J. Agric. of the Univ. of Puerto Rico. J. Agric. de la Univ. Puerto Rico 95:105-110.

Beaver, J. S., Brunner, B. R., & Armstrong, A. (2011). Release of sweet corn (*Zea mays* L.) open-pollinated cultivar 'Suresweet 2011'. J. Agric. de la Univ. Puerto Rico 95:105-110

Beaver, J.S., M. Saliceti and J. Sud. 2006. Release of maize open-pollinated cultivar 'Mayorbela 2006'. J. Agric. de la Univ. Puerto Rico 90:353-357.

Beaver, J.S., M. Saliceti and J. Sud. 2006. Release of maize open-pollinated cultivar 'Mayorbela 2006'. J. Agric. de la Univ. Puerto Rico 90:353-357.

Bee-Rodríguez, D. y A. Ayala. 1977. Nematodes associated with sorghum in Puerto Rico. Nematropica 7:16-20.

Brewbaker, J.L. 2003. Corn Production in the Tropics: The Hawaii experience. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Manoa. 76 p.

Brewbaker JL. 2003. Corn production in the tropics: the Hawaii experience. Honolulu (HI): University of Hawaii. 76 p.

Calero-Toledo, L. M., Macchiavelli, R., & González, Ángel L. (2008). Sequential sampling plan for corn earworm, Helicoverpa zea (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), in corn fields on the south coast of Puerto Rico. J. Agric. Univ. Puerto Rico. 92:207-214.

Cao, S., Loladze, A., Yuan, Y., Wu, Y., Zhang, A., Chen, J., Huestis, G., Cao, J., Chaikam, V., Olsen, M., Prasanna, B., San Vicente, F., and Zhang, X. 2017. Genome-wide analysis of tar spot complex resistance in maize using genotype-by-sequencing SNPs and whole genome prediction. Plant Genome 10(2):1-14.

Ceballos, H., and Deutsch, J. A. 1992. Inheritance of resistance to tar spot complex in maize. Phytopathology 82:505-512

Doorenbos, J., y A. H. Kassam. 1979. Respuesta de rendimiento al agua. Documento de riego y drenaje Nº 33 de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma (Italia).

Esteves, M., Román-Paoli, E., Beaver, J. S., Muñoz, M. A., & Armstrong, A. (2012). Determinación de coeficientes genéticos en tres cultivares y un híbrido de maíz. J. Agric. Univ.Puerto Rico, 96:57-75.

Grabau, Z.J. and C. Vann. 2021. Management of Plant-Parasitic Nematodes in Florida Field Corn Production. UF-IFAS Extension, University of Florida (https://edis.ifas.ufl.edu/publication/NG014)

Groves, C. L., Kleczewski, N. M., Telenko, D. E. P., Chilvers, M. I., and Smith, D. L. 2020. Phyllachora maydis ascospore release and germination from overwintered corn residue. Plant Health Prog. 21:26-30.

Harmsen E.W., 2012. NOTA TÉCNICA: Un método simple basado en la web para programar el riego en Puerto Rico. J. Agric. Univ. P.R. 96 (3-4) 2012.

Huffman, Rodney L., Delmar D. Fangmeier, William J. Elliot y Stephen R. Workman. 2013. Capítulo 15: Principios de riego. Pp. 351-373 en Ingeniería de Conservación de Suelos y Aguas, 7ª edición. St. Joseph, Michigan: Sociedad Americana de Ingenieros Agrónomos y Biológicos. ISBN 1-892769-86-7. DOI 10.13031/swce.2013.15.

International Plant Nutrition Institute (IPNI). 2015. 4R Plant Nutrition: A manual for Improving the Management of Plant Nutrition. INPI. Peachtree, Georgia, U.S.A.

Kleczewski, N. M., Donnelly, J., and Higgins, R. 2019. Phyllachora maydis, causal agent of tar spot on corn, can overwinter in northern Illinois. Plant Health Prog. 20:178-178.

Liu, L.-J. 1973. Incidence of tar spot disease of corn in Puerto Rico. J. Agric. Univ. P. R. 57:211-216.

Mahuku, G., Chen, J., Shrestha, R., Narro, L. A., Osorio-Guerrero, K. V., Arcos, A. L., and Xu, Y. 2016. Combined linkage and association mapping identifies a major QTL (qRtsc8-1), conferring tar spot complex resistance in maize. Theor. Appl. Genet. 129:1217-1229.

McCoy, A. G., Roth, M. G., Shay, R., Noel, Z. A., Jayawardana, M. A., Longley, R. W., Bonito, G., and Chilvers, M. I. 2019. Identification of fungal communities within the tar spot complex of corn in Michigan via next-generation sequencing. Phytobiomes J. 3:235-243.

Mcgrath, D. M., Huesing, J. E., Jepson, P. C., Peschke, V. M., Prasanna, B. M., & Krupnik, T. J. (2021). Fall Armyworm Scouting, Action Thresholds, and Monitoring. In B. M. Prasanna, J. E. Huesing, V. E. Peschke, & R. Eddy (Eds.), Fall Armyworm in Asia: A Guide for Integrated Pest Management (pp. 21–42). CIMMYT. https://plantwiseplusknowledgebank.org/doi/10.5555/pwkb.20217800037

Pereyda-Hernández, J., Hernández-Morales, J., Sandoval-Islas, J. S., Aranda-Oc[1]ampo, S., de León, C., and Gómez-Montiel, N. 2009. Etiology and management of tar spot (Phyllachora maydis Maubl.) of maize in Guerrero State, México. Agrociencia 43:511-519.

Prieto-Prieto, R., Valencia, E., & Tirado-Corbalá, R. (2017). Nitrogen levels and age at harvest and their effects on the nutritive value and fermentative characteristics of corn (Zea mays L.). J. Agric. Univ. Puerto Rico 101:79–90.

Pollak, L.M., Torres-Cardona, S. and Sotomayor-Rios, A. (1991), Evaluation of heterotic patterns among Caribbean and Tropical X Temperate Maize Populations. Crop Sci. 31:1480-1483.

Román-Paoli, E., & Sotomayor-Ramírez, D. (2004). Soil conditioner efficacy on Lajas Valley sweet corn production. J. Agric. Univ. Puerto Rico, 88:97–108.

Ruhl, G., Romberg, M. K., Bissonnette, S., Plewa, D., Creswell, T., and Wise, K. A. 2016. First report of tar spot on corn caused by Phyllachora maydis in the United States. Plant Dis. 100:1496.

Sawyer, J. 2012. Nutrient deficiencies and application injuries of major field crops. Iowa State University Outreach and Extension. IPM 42. Ames, Iowa.

Sotomayor-Ramírez, D. and G. Martínez. 2019a. Chapter 2, Soil testing as a nutrient management tool in the Caribbean. p. 2-1 to 2-41. In. Fertilizer recommendations Guide for Some of the Most Common Crops in the Caribbean. Final Project Report under Cooperative Agreement no. 68-F352-16-501 between USDA-NRCS and Univ. of Puerto Rico Mayagüez. 1 April 2019.

Sotomayor-Ramírez, D. and G. Martínez. 2019b. Chapter 3, Crop nutrient requirements. p. 3-1 to 3-40. In. Fertilizer Recommendations Guide for Some of the Most Common Crops in the Caribbean. Final Project Report under Cooperative Agreement no. 68-F352-16-501 between USDA-NRCS and Univ. of Puerto Rico Mayagüez. 1 April 2019.

Sotomayor-Ramírez, D. and G. Martínez. 2019c. Chapter 4, Crop specific nutrient management. p. 4-1 to 4-37. In. Fertilizer Recommendations Guide for Some of the Most Common Crops in the Caribbean. Final Project Report under Cooperative Agreement no. 68-F352-16-501 between USDA-NRCS and Univ. of Puerto Rico Mayagüez. 1 April 2019.

Sotomayor-Ramírez, D., Huckaba, R., Barnes, R., Dorcinvil, R., & Espinosa, J. (2012). Inbred maize response to cover crops and fertilizer-nitrogen. J. Agric. Univ. Puerto Rico, 96:37–55.

Storer, N.P., J.M. Babcock, M. Schlenz, T. Meade, G.D. Thompson, J.W. Bing, R.M. Huckaba. 2010. Discovery and Characterization of Field Resistance to Bt Maize: Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) in Puerto Rico, J. Econ. Entomology.103:1031–1038.

St. Louis, D. G., Arroyo-Aguilú, J. A., Ramírez-Ortiz, A., & McDowell, R. E. (1979). Yield and nutritive value of sorghum, maize and soybean forages harvested in southwestern Puerto Rico. J. of Agric. Univ. Puerto Rico 63:400–411.

Tylka, G. 2005. Nematodes in corn production: A growing problem? Integrated Crop Management; 494(16):131 (https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/nematodes-corn-production-growing-problem)

Varshney, R., Poornesha, B., Raghavendra, A., Lalitha, Y., Apoorva, V., Ramanujam, B., Rangeshwaran, R., Subaharan, K., Shylesha, A. N., Bakthavatsalam, N., Chaudhary, M., & Pandit, V. (2021). *Biocontrol-based management of fall armyworm, Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) *on Indian Maize*. Journal of Plant Diseases and Protection, 128(1), 87–95. https://doi.org/10.1007/s41348-020-00357-3

Zavala, D., Valencia, E., Randel, P. F., & Ramos-Santana, R. (2011). Silage from high protein value white corn (*Zea mays* L.) with and without ears associated with two annual legumes, lablab (*Lablab purpureus* L.) and sunn hemp (*Crotalaria juncea* L.). *J. Agric. Univ. Puerto Rico. 95:151-167.*

Fuentes adicionales de información

Manejo poscosecha de granos de maíz - FAO

Sweet corn management - Hawaii

CIMMYT - Insect pests of maize: a guide for field identification

CIMMYT – Diseases of maize: a guide for field identification

Guía para la producción de maíz de campo en Florida

Guía para la producción de maíz dulce en Florida

Asociación Nacional de Productores de Maíz en Los Estados Unidos



SERVICIO DE EXTENSIÓN AGRÍCOLA™
UPR - RUM - CCA

Preparado por miembros de la
Empresa de Hortalizas y Granos Básicos
del Servicio de Extensión Agrícola y de
la Estación Experimental Agrícola de la
Universidad de Puerto Rico

ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRÍCOLA™
UPR - RUM - CCA

Diciembre 2024 © Derechos Reservados

Publicado para la promoción del trabajo cooperativo de Extensión según lo dispuesto por las leyes del Congreso del 8 de mayo y del 30 de junio de 1914, en cooperación con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico.

Diseño gráfico: Federico Estrada Del Campo
Medios Educativos e Información, S.E.A.