



Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (*Zea mays* L.)



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria



Siempre
con el pueblo



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO AGRARIO

Guía de
Manejo del Cultivo
de
Maíz Morado
(Zea mays L.)

Guía de Manejo del Cultivo de Maiz Morado (*Zea mays* L.)

Ministro de Desarrollo Agrario y Riego

Javier Fernando Arce Alvarado

Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego

Hugo Fernando Obando Concha

Viceministro de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario

Juan Rodo Altamirano Quispe

Jefe del INIA

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

© Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA

Autor:

Alicia Elizabeth Medina Hoyos, M.Sc.

Revisión de contenido:

Teófilo Wladimir Jara Calvo, M.Sc.

Alexander Chávez Cabrera, Ph.D.

Editado por:

Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA

Equipo Técnico de Edición y Publicaciones

Av. La Molina 1981, Lima - Perú

Teléf. (511) 2402100 - 2402350

www.inia.gob.pe

Proyecto de Inversión:

"Mejoramiento de la disponibilidad, acceso y uso de semillas de calidad de: papa, maíz amiláceo, leguminosas de grano y cereales en las regiones de Junín, Ayacucho, Cusco, Puno, Apurímac, Arequipa, Cajamarca y Lambayeque"_CUI: 2361771

Diseño y diagramación:

William Guillén Padilla, Ing.

Publicado:

Mayo, 2022

Primera edición:

Mayo, 2022

Tiraje:

1000 ejemplares

Impreso en:

Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA

RUC: 20131365994

Teléfono: (51 1) 240-2100 / 240-2350

Dirección: Av. La Molina 1981, Lima- Perú

Web: www.inia.gob.pe

ISBN:

978-9972-44-093-9

Índice

Presentación	11
1. Introducción	13
2. Razas de maíz amiláceo	21
3. Clasificación botánica	25
4. Características morfológicas del maíz morado	29
4.1. La planta	31
4.1.1. Órganos vegetativos	32
Raíces.....	32
Tallo	33
Hojas	34
4.1.2. Órganos reproductivos	36
Panoja	36
Mazorca	37
Grano	40
4.2. Estados de desarrollo de la planta de maíz	41
4.2.1. Estados vegetativos	42
4.2.2. Estados reproductivos	43
5. Variedades de Polinización Libre (VPL)	45
5.1. Obtención de semilla de VPL	47
5.2. VPL sembradas actualmente en la sierra del Perú	49
6. Agroecología y factores agroclimáticos para el cultivo de maíz	51
6.1. Temperatura	53
6.2. Agua	53
6.3. Radiación solar	54
6.4. Fotoperiodo	55
7. Siembra	57
7.1. Época de siembra.....	59
7.2. Semilla	59

7.2.1. Uso de semilla de calidad	59
7.2.2. Tratamiento de la semilla	64
7.3. Selección y preparación del terreno	65
7.3.1. Labranza convencional	65
7.3.2. Labranza no convencional	66
7.4. Siembra	67
7.5. Sistemas de siembra	68
Siembra tradicional	68
Siembra semi mecanizada	69
Siembra mecanizada	70
7.6. Número de plantas por hectárea	71
7.7. Requerimiento de humedad y manejo del riego	75
8. Fertilización química y abonamiento orgánico	77
8.1. Fertilización química	79
8.1.1. Macronutrientes	80
Nitrógeno	80
Fósforo	81
Potasio	83
8.1.2. Micronutrientes	84
8.1.3. Materia orgánica	84
8.1.4. Momento de abonamiento y aplicación de fertilizantes	85
8.1.5. Cantidad de fertilizantes a aplicar	87
8.2. Abonamiento orgánico	88
8.3. Análisis de suelo e interpretación	89
9. Manejo integrado de plagas del maíz morado	91
9.1. Generalidades y principios	94
9.1.1. Principios del manejo integrado de plagas	95
Niveles aceptables de plagas	95
Prácticas preventivas de cultivo	95
Control cultural	96

Muestreo	96
Control mecánico	96
Control biológico	96
Control etológico	97
Control químico	97
9.2. Manejo integrado de insectos plaga	97
9.2.1. Insectos plaga que dañan diversas partes de la planta .	97
Insectos del suelo	97
Insectos de la planta	99
Daños de aves	104
Insectos de almacén	104
Insectos transmisores de enfermedades	107
9.3. Manejo integrado de enfermedades	108
9.3.1. Principales enfermedades del maíz	108
Carbón Común	111
El puca poncho	112
9.4. Manejo integrado de malezas	114
10. Cosecha de maíz morado	115
10.1. Época y método de cosecha	117
10.2. Manejo postcosecha	119
Secado	119
Desgrane	120
Clasificación	121
10.3. Almacenamiento	122
10.4. Comercialización	123
11. Costos de producción y rentabilidad	129
12. Aportes del INIA para el desarrollo del Maíz Morado	135
13. Glosario	143
14. Referencias bibliográficas	150





A close-up, vertical shot of a corn cob, showing rows of plump, purple kernels. The kernels have a glossy sheen, reflecting light. The background is a solid, deep purple color, creating a monochromatic effect.

La finalidad de esta publicación
es proporcionar una adecuada y
útil información tecnológica para
contribuir al incremento de la
productividad, producción y calidad
del cultivo.

Presentación

El maíz es uno de los cultivos más importantes del Perú. Desde tiempos inmemoriales, fue un referente alimenticio en las culturas pre-hispánicas y en la actualidad, tanto en la región Cajamarca como en otras del territorio nacional, destaca por su cobertura territorial, aprovechamiento integral y significado sociocultural.

Cultivado hasta los 3 950 m s. n. m. – como en la isla Taquile del Lago Titicaca, en Puno–, el maíz amiláceo se ha convertido en uno de los principales productos para el consumo humano y un componente importante para la seguridad alimentaria de las familias peruanas.

En la región Cajamarca, los datos estadísticos –como los referidos a la campaña 2018-2019–, indican que, del total del área cosechada, se cultivó maíz en 18.76%. La siembra fue, básicamente, de dos tipos: maíz amarillo duro en 6.26% y amiláceo en 12.50% (incluye el maíz morado)(DRAC-OIA 2019).



Sin embargo, entre las causas de una baja productividad y mala calidad del producto cosechado, se debe tener en cuenta los siguientes factores: i) se produce en suelos de baja fertilidad y capacidad productiva; ii) existe una baja densidad y desuniformidad de plantas en el campo; iii) hay un deficiente control de malezas; iv) no existe un uso —o si existe es deficiente—, de prácticas de fertilización y abonamiento; v) se utiliza semilla de baja calidad; vi) se emplea variedades de baja capacidad productiva, vii) no se controlan plagas y enfermedades. Estos factores, mediante prácticas sencillas, pueden ser superados para beneficio de agricultores y consumidores.

Esta **Guía de Manejo del Maíz Morado**, que ahora está a disposición de productores y agentes ligados al cultivo, está basada en la experiencia recogida sobre diferentes campañas agrícolas en el ámbito de la región Cajamarca. La finalidad de su publicación es proporcionar una adecuada y útil información tecnológica para contribuir al incremento de la productividad, producción y calidad del cultivo de los productores agrarios.

Que el conocimiento dado en estas páginas, sea un aporte sustancial para los beneficiarios, y contribuya a incrementar y fortalecer sus conocimientos y permita mejorar sus ingresos económicos.

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.

Jefe del INIA

**El maíz, tanto en la región Cajamarca
como en otras del territorio nacional,
destaca por su cobertura territorial,
aprovechamiento integral y significado
sociocultural.**

1. Introducción

A close-up, vertical shot of a purple corn cob, showing the rows of kernels. The kernels are a deep, vibrant purple color and have a glossy, slightly wrinkled texture. The cob is positioned on the left side of the frame, with the rest of the background being a solid, darker purple.

El impacto en seguridad alimentaria
del cultivo de maíz amiláceo,
ha permitido incrementar su
rendimiento promedio en la sierra
norte —sobre todo con el uso de
variedades comerciales mejoradas
como el maíz morado INIA 601—,
y hacer un control eficiente del
gusano mazorquero.

El rendimiento promedio nacional de maíz amiláceo es de 1,3 toneladas por hectárea (Tabla 1, Figura 1); en realidad, es un dato que debe ser superado, pues se trata de un cultivo de seguridad alimentaria. Si bien existe una tendencia a crecer, se debe reconocer que en el lapso de nueve años el promedio nacional solamente avanzó en 8,9%. A pesar de este panorama que presenta grandes retos, existe la posibilidad de que el agricultor de la sierra incremente sus ingresos al cosechar su producto en estado temprano y venderlo como choclo, o intensificar la siembra de maíces especiales como el morado que alcanza altos precios en mercados de la costa. Recordemos que las ventajas que tienen estos productos son el dulzor y sabor del choclo y el alto contenido de antocianinas en la tusa o coronta, y pancas o brácteas del maíz morado; todo esto constituye una alternativa que debe ser aprovechada por los productores, pues en la actualidad existe una demanda nacional e internacional creciente de maíz morado, tanto como mazorca, coronta y antocianinas (MINAGRI, 2019).



En la Tabla 1 y Figura 1, se observa que, desde el año 2000, las exportaciones de maíz morado han crecido en 176,98%; de 672 pasaron a 1 190 millones de dólares americanos en el 2018. La exportación de este tipo de maíz morado, corresponden a la partida 1005904000 MINAGRI, DGA, 2019.

Tabla 1. Evolución del valor y volumen de las exportaciones de Maíz Morado.

Año	Valor FOB US\$	Volumen Bruto kg	Precio Promedio US\$/kg
2000	672 607,18	298 792,26	2,25
2001	943 524,36	453 861,97	2,08
2002	698 490,51	284 995,24	2,45
2003	412 031,23	314 434,93	1,31
2004	461 749,93	354 392,37	1,30
2005	613 804,43	346 325,95	1,77
2006	740 226,12	402.264,65	1,84
2007	989 260,42	500 611,81	1,98
2008	1 276 887,44	559 761,96	2,28
2009	1 152 994,40	491 638,31	2,35
2010	1 233 949,60	563 149,47	2,19
2011	1 495 189,21	565 665,64	2,64
2012	1 484 930,69	597 657,76	2,48
2013	2 139 281,23	740 437,80	2,89
2014	2 177 331,95	574 790,27	3,79
2015	1 019 575,62	359 742,69	2,83
2016	1 197 713,00	813 275,00	1.47
2017	1 249 206,00	869 653,00	1.44
2018	1 190 387,00	891 614,00	1.34

Fuente: SUNAT-ADUANET Importancia del maíz morado

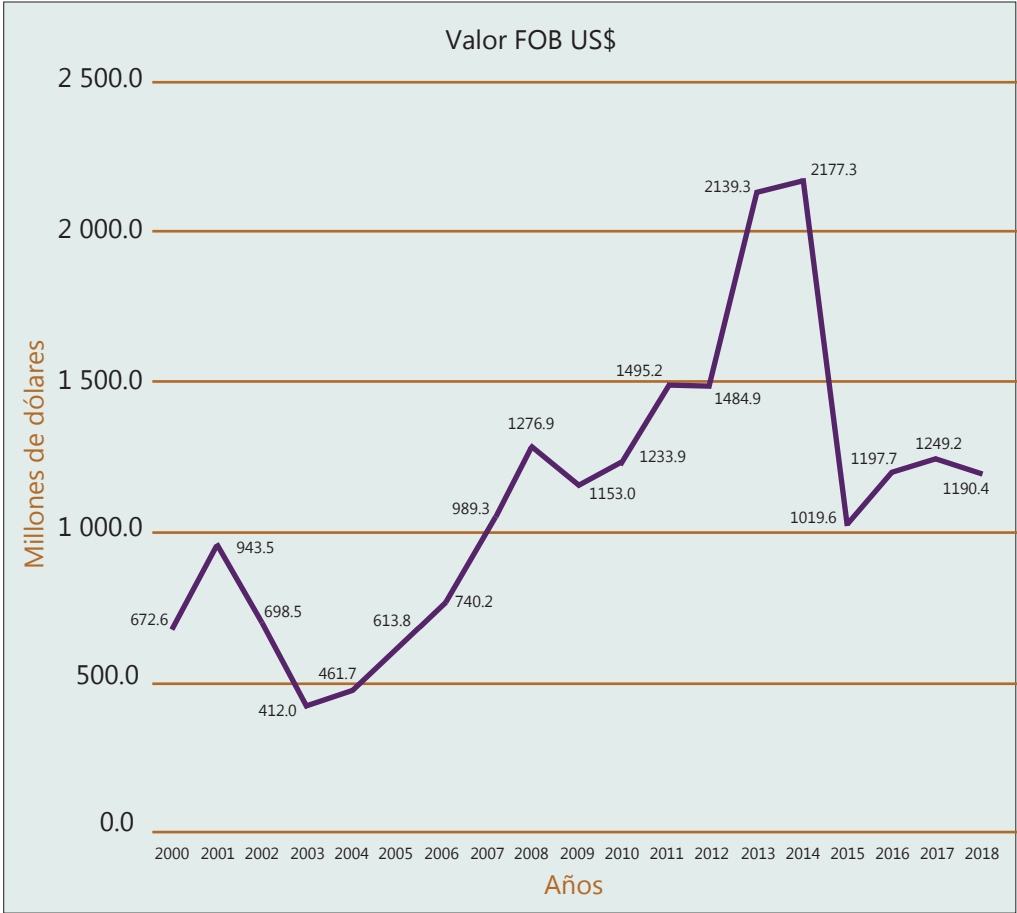


Figura 1. Evolución de las exportaciones del maíz morado en Perú, 2010-2018. Fuente: SUNAT-ADUANET Importancia del maíz morado.

En la actualidad existe una demanda nacional e internacional creciente de maíz morado, tanto como mazorca, coronta y antocianina.

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) –organismo técnico especializado y ente rector del Sistema Nacional de Innovación Agraria (SNIA)– ha inscrito, oficialmente, 177 variedades de diversas especies en el Registro de Cultivares Comerciales que conduce la Autoridad en Semillas: 13 maíces amiláceos; 2 de ellas de maíz morado. Estas variedades, generadas en sus Estaciones Experimentales Agrarias (EEAs), atienden –básicamente– a familias ubicadas en más de 3,2 millones de hectáreas a nivel nacional, de las cuales 2,5 millones se ubican en la sierra y 0,7 en la selva (INIA, 2020).

El impacto en seguridad alimentaria del cultivo de maíz amiláceo, ha permitido incrementar su rendimiento promedio en la sierra norte –sobre todo con el uso de variedades comerciales mejoradas como el maíz morado INIA 601–, gracias a un control eficiente del gusano mazorquero (*Helicoverpa zea* Boddie). Este control se realiza aplicando aceite comestible a los pistilos, lo que reduce la pudrición de mazorcas ocasionada por el ataque de hongos y, por consiguiente, de micotoxinas, logrando un incremento en la economía de los pequeños productores; asimismo, favorece la exportación con la puesta en valor de la raza Kculli y compuestos raciales (CR) y, últimamente, un leve incremento en la exportación de mazorcas, tusas y extractos de maíz morado, utilizados en la elaboración de postres (mazamorra morada) y bebidas (chicha morada).

El maíz morado INIA 601 es altamente valorado por poseer antocianina cianidina-3-b-glucosido. Las antocianinas son pigmentos hidrosolubles ubicados en las vacuolas de las células vegetales que, en el caso de este maíz, le otorgan ese color característico. Como

El impacto en seguridad alimentaria del cultivo de maíz amiláceo, ha permitido incrementar su rendimiento promedio en la sierra norte y hacer un control eficiente del gusano mazorquero.



producto nutraceutico, la antocianina cianidina-3-b-glucosido, que se encuentra en mayor cantidad en el maíz morado, es 3.5 veces más potente que el Trolox® (antioxidante sintético derivado de la vitamina E); contiene 1640 mg/100g superior a los 316 a 374 mg/100g de las papas nativas.

Según estudios de investigación realizados en la Universidad de Nagoya, prefectura de Aichi en Japón, se ha demostrado que la antocianina del maíz morado, tiene las siguientes propiedades (He y Giusti, 2010):

- Es anticancerígena, pues evita la aparición del cáncer al intestino grueso o cáncer al colon.
- Es antioxidante; es decir, retarda el envejecimiento de las células.
- Incrementa la salud cardiaca, pues baja la presión sanguínea.
- Mejora la circulación sanguínea y protege al corazón.

2. Razas de maíz amiláceo



A diferencia de otros países, donde se consume maíz como harina para hacer tortillas (México) o arepas (Venezuela), en la región andina el maíz se consume directamente, sin mayor transformación.

Investigaciones arqueológicas relacionadas a la diversidad del maíz en el Perú demuestran que, aproximadamente, hace 7 000 años ya se cultivaban diversas razas de maíz en el valle de Chicama; esto confirma los descubrimientos en Los Gavilanes –provincia de Huarmey, Ancash, en la costa central del Perú–, lugar especializado para almacenar maíz.

El investigador Alexander Grobman –citado en el libro sobre diversidad genética del maíz del MINAM (2018)– describió la diversidad del maíz, representada, aproximadamente hace 4 000 años, por tres razas: (i) Proto Confito Morocho, (ii) Confito Chavinenese y (iii) Kculli. Posteriormente, la diversificación se aceleró, tanto por la variedad ecológica del territorio peruano como la forma de consumo. A diferencia de otros países, donde se consume maíz como harina para hacer tortillas (México) o arepas (Venezuela), en la región andina el maíz se consume directamente, sin mayor transformación. Si bien hace aproximadamente 4 000 mil años existía la raza Kculli, la composición del grano y el marlo o coronta del maíz morado ha ido formándose durante miles de años (Sevilla, 2020).

Tabla 2. Razas de maíz de la sierra del Perú.

Ecosistema o región	Razas
Sierra alta	Confito Morocho, Confito Puntiaquedo, Ancashino, Chullpi, Cuzco Cristalino Amarillo, Cuzco, Cuzco Gigante, Huancavelicano, Huarmaca, Huayleño, Kculli, Maraón, Morocho, Paro, Piscorunto, San Gerónimo, San Gerónimo Huancavelicano, Huancavelicano, Shajatu y Uchuquilla.
Sierra muy alta	Granada y Confito Puneño

Fuente: Adaptado de MINAM (2008)

La relación de razas de maíz amiláceo y su distribución en el Perú se puede apreciar en la Figura 2.

Mapa 4
RAZAS DE
MAÍZ DEL
PERÚ

Cusco gigante
Total de exportación 2017
6 058,2 toneladas
US\$ 12 111,492 FOB

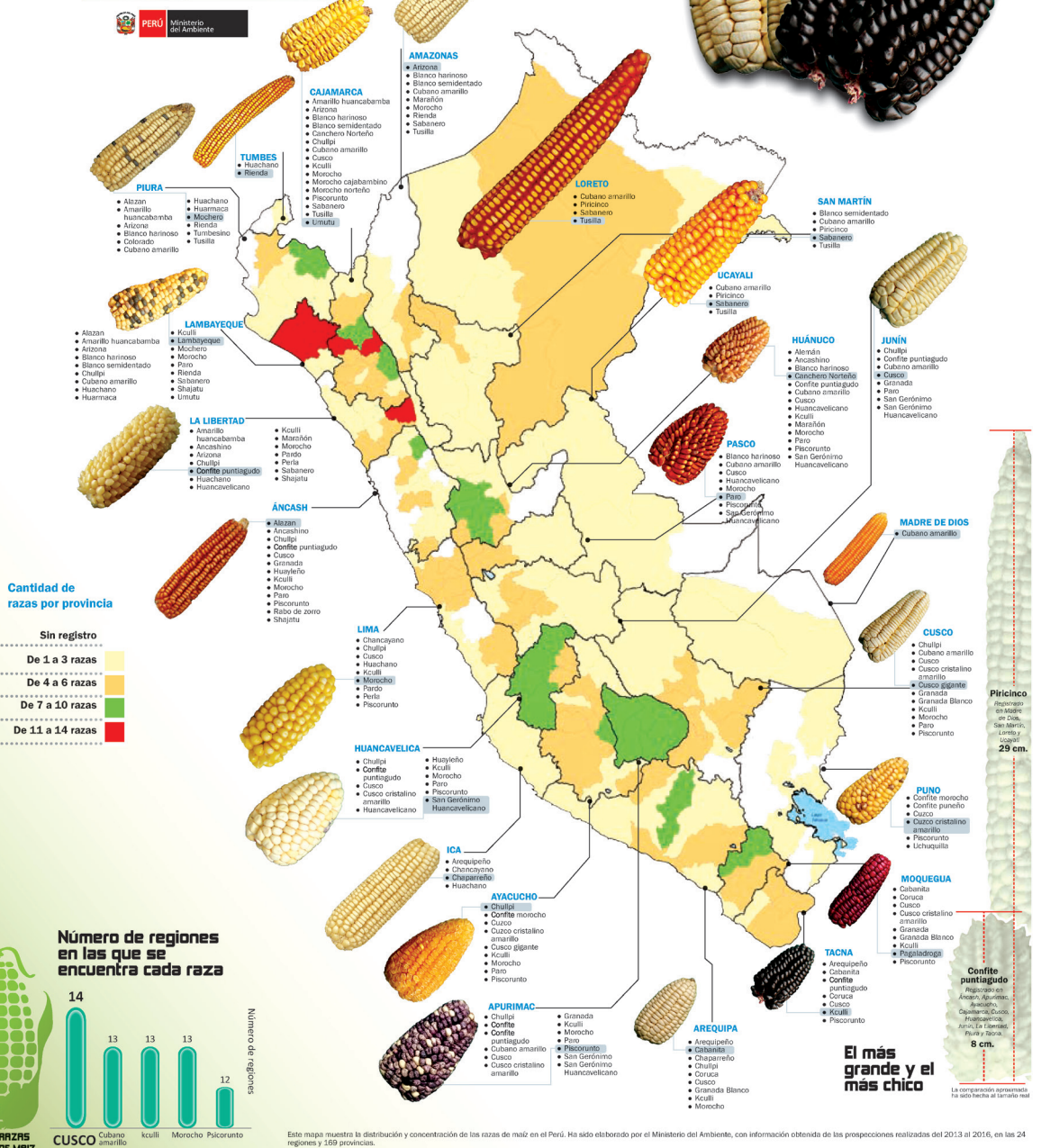
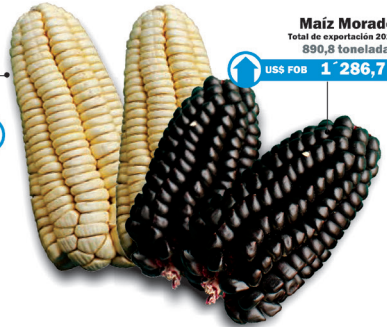


Figura 2. Mapa de Razas de maíz en el Perú.
Fuente: MINAM (2018).

3. Clasificación botánica

El maíz pertenece a la familia Poaceae, orden Poales, clase Monocotyledoneae.

Los géneros *Tripsacum* y *Zea* forman la tribu Andropogoneae. *Tripsacum* tiene 14 especies perennes; en el Perú, hay dos especies de *Tripsacum*: *Tripsacum australe* y *Tripsacum peruvianum*.

El teosinte se divide en dos secciones: la sección Luxuriantes –*Diploperennis*, *Perennis* y *Luxurians*–, y la sección *Zea* –*mays* ssp. *mexicana* y *mays* ssp. *parviglumis*– (Doebley, 1983).



4. Características morfológicas del maíz morado



La mazorca tiene su origen en una yema axilar. Posee un pedúnculo delgado donde se originan las pancas o brácteas, u hojas modificadas, cuya función es proteger a los granos.

4.1. La planta

La planta de maíz (*Zea mays*) es monoica. Posee flores estaminales funcionales ubicadas en la panoja; y flores pistiladas agrupadas en las mazorcas que prosperan entre el quinto o sexto nudo, contados desde la panoja (INIA, 2020).

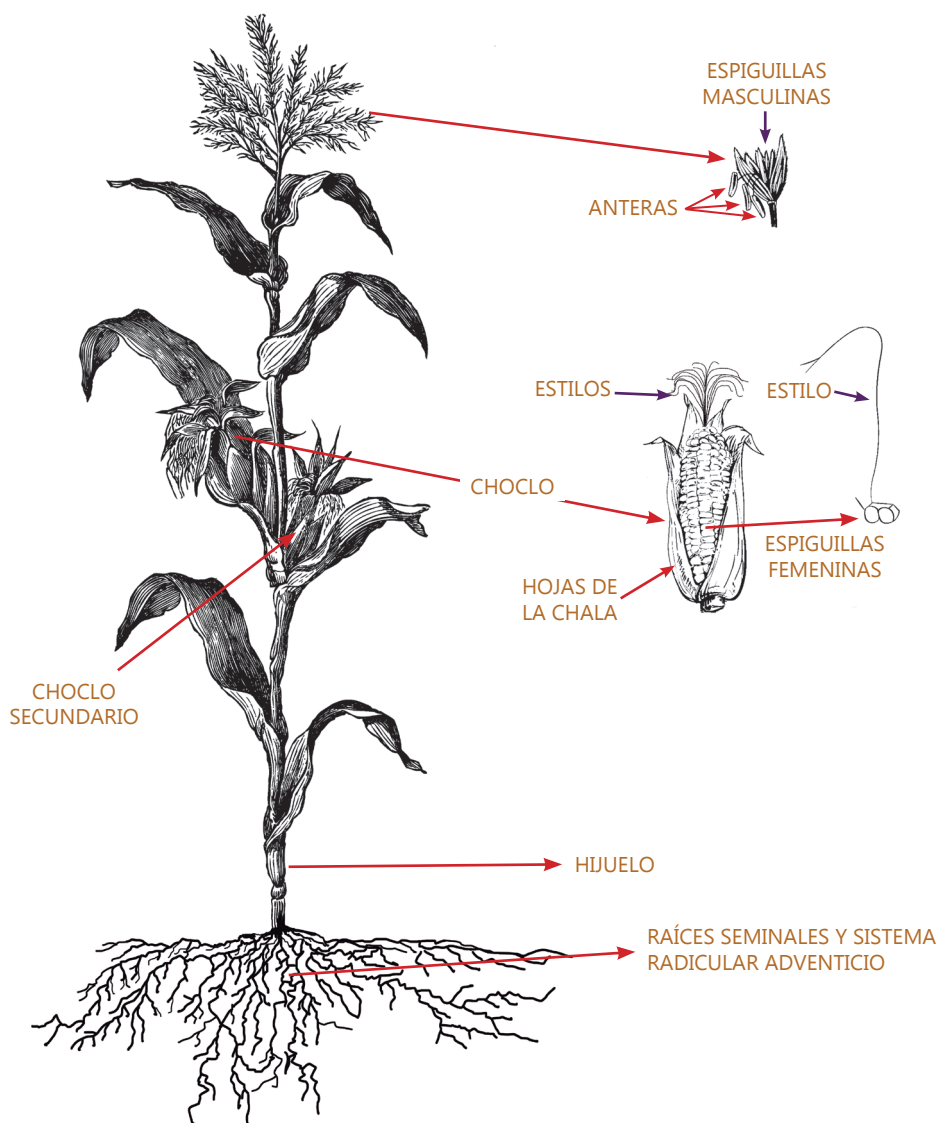


Figura 3. Planta típica de maíz amiláceo.
Recuperado de www.imagui.com, citado por INIA, 2020.

4.1.1. Órganos vegetativos

Raíces

Son de dos tipos: (i) seminales y (ii) adventicias. Las seminales nacen de la semilla en la germinación, y consiste en la radícula, que es la primera estructura seminal en romper el pericarpio, y de un número variable de raíces laterales que se forman en la base del primer entrenudo, encima del nudo escutelar. El crecimiento inicial es horizontal a la superficie del suelo para luego dirigirse hacia abajo. Este sistema de raíces es muy importante durante los primeros estados de crecimiento de la plántula, hasta que se establece plenamente el sistema de raíces adventicias permanentes.

En los primeros entrenudos se forman las raíces adventicias que adoptan la forma de cono invertido. De la base de cada entrenudo se forma una especie de corona formadas por 4 a 5 raíces; su número aumenta en cada entrenudo superior hasta el séptimo u octavo entrenudo bajo la superficie del suelo. Las coronas de raíces adventicias continúan formándose hasta los primeros entrenudos sobre la superficie del terreno proporcionando a la planta un anclaje al suelo. Se estima que, en general, el 75 % de la masa radicular se concentra hasta los primeros 120 a 150 cm de la superficie del suelo (Figura 4) (INIA, 2020).

El crecimiento inicial es horizontal a la superficie del suelo para luego dirigirse hacia abajo. Este sistema de raíces es muy importante durante los primeros estados de crecimiento de la plántula.

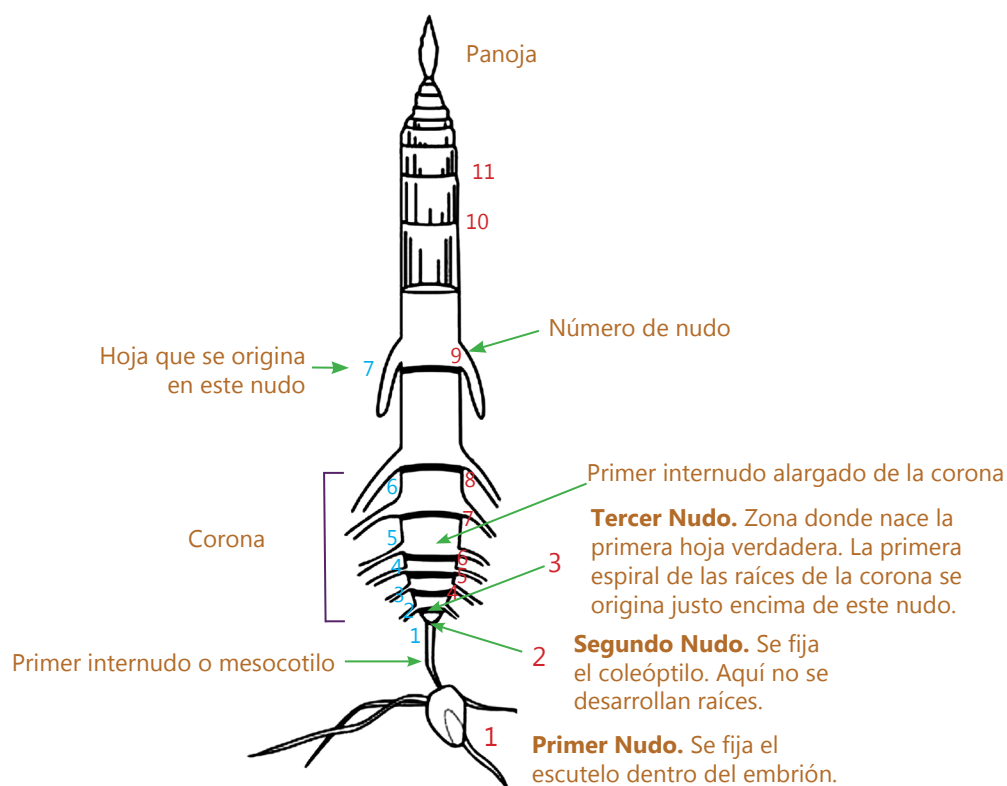


Figura 4. Sistema radicular de una planta de maíz.

Fuente: PIONNER. bit.ly/SistRad

Tallo

Cumple una triple función: (i) dar soporte a la planta, (ii) transportar nutrientes y (iii) almacenar carbohidratos. El número de nudos y entrenudos que forman el tallo varía entre 20 a 30, según la variedad y el ambiente en que se desarrolla la planta. Su formación ocurre en el estado de plántula, durante las etapas tempranas. El crecimiento se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos; por esta razón, en ambientes desfavorables este alargamiento es limitado, reduciendo el tamaño final de la planta (INIA, 2020).

Hojas

Se ubican de manera alterna en el tallo. Cada una posee: (i) la lámina foliar alargada y lanceolada con nervadura central y venas delgadas paralelas; (ii) vaina foliar que rodea el entrenudo; y (iii) lígula o cuello que une a la lámina y la vaina (Figura 5) (INIA, 2020).



Figura 5. Morfología del tallo, hojas (izquierda). D.R Herbarium.
Mazorca de la planta de maíz morado INIA 601 (derecha).



4.1.2. Órganos reproductivos

Panoja

La panoja inicia su crecimiento –y posterior formación de los granos de polen– al terminar la emisión de las hojas. Al emerger la panoja en su totalidad, se libera el polen, que se inicia en la parte inferior del tercio medio superior del eje principal de la panoja y continuando hacia ambos extremos. Según la variedad, una panoja produce entre 15 a 50 millones de granos de polen que son dispersados por el viento para la polinización (INIA, 2020).



Figura 6. Morfología de la panoja o inflorescencia masculina de la variedad de maíz morado INIA 601.

La mazorca

La mazorca crece en función de las condiciones ambientales en que se desarrolla la planta; su tamaño está en función a la densidad de plantas cultivadas: mientras más plantas existan en el campo, menor tamaño de mazorca. Dependiendo de la variedad, las hileras son entre 8 y 24 (INIA, 2020).



Figura 7. Morfología de la inflorescencia femenina de la variedad de maíz morado INIA 601.





Figura 8. Mazorca en planta y mazorca partida de la variedad de maíz morado INIA 601.

La mazorca crece en función de las condiciones ambientales en que se desarrolla la planta; su tamaño está en función a la densidad de plantas cultivadas: mientras más plantas existan en el campo, menor tamaño de mazorca.

Grano

Es un fruto llamado cariósipide o cariopse, donde el intertegumento –o pared del saco embrionario– se ha unido a la semilla formada, a su vez, por el pericarpio, endospermo y embrión (Figura 9). El pericarpio, o cáscara, es la parte exterior del grano que protege las partes interiores; es traslucido y se constituye en el remanente del saco embrionario, por lo que es tejido maternal. En la parte superior se puede notar una especie de cicatriz que es el punto donde estuvo el estilo de la flor, o barba del choclo, mientras que en la parte basal está el pedicelo, o tallo floral (INIA, 2020).

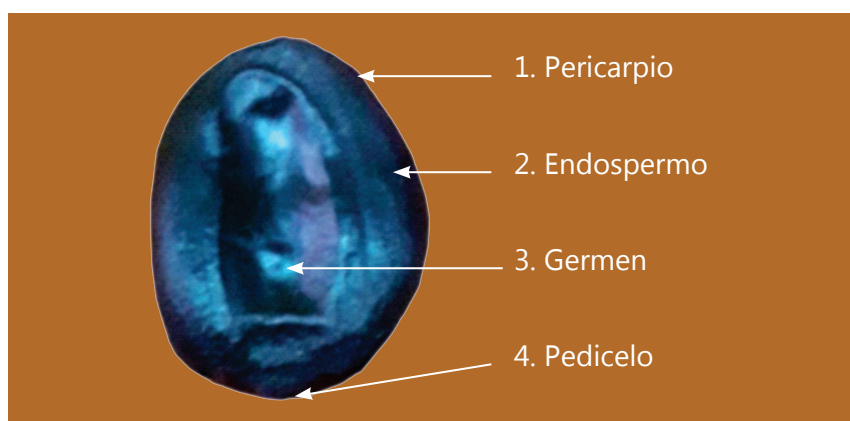


Figura 9. Grano de maíz y sus partes.

El endospermo –que representa entre 80 y 85 % del peso total del grano–, está formado por almidón (88 %) y proteínas (8 %).

El embrión –que constituye el 12 % del grano– comprende el tallo embrional y la radícula. El tallo embrional está formado por hojas modificadas, que son el escutelo, y el coleóptilo; entre ellos se ubica el mesocotilo. Al germinar, sale primero la radícula y las células del mesocotilo se alargan, llevando al coleóptilo hacia la superficie del suelo (INIA, 2020).

4.2. Estados de desarrollo de la planta de maíz

El desarrollo de la planta de maíz se divide en estadios fenológicos: vegetativo (V) y reproductivo (R) [Figura 10].

En la parte superior se puede notar una especie de cicatriz que es el punto donde estuvo el estilo de la flor, o barba del choclo, mientras que en la parte basal está el pedicelo, o tallo floral.

4.2.1. Estados vegetativos

Estado V1. Aparece la primera hoja embrionaria; su borde terminal es redondeado (Figura 10). El punto de crecimiento —que es el meristemo apical, donde se forman todas las partes vegetativas y reproductivas de la planta— varía entre 2,5 y 3,8 cm debajo de la superficie.

Estado V3. El punto de crecimiento sigue debajo del suelo. Se inicia la formación de hojas y mazorcas. Es importante el control de insectos del follaje y evitar la competencia con malezas. Se debe realizar el primer deshierbo.

Estado V5. El punto de crecimiento está a nivel de la superficie del suelo. Se completa la formación de hojas, mazorcas y panoja. Es momento de realizar el aporque.

Estado V6. El punto de crecimiento está sobre la superficie del suelo. Se produce el crecimiento rápido del tallo con una alta demanda de nutrientes. Es oportuno aplicar nitrógeno, hasta antes del estado V8.

Estado V9. La panoja crece rápido, igualmente el tallo. Las yemas de las mazorcas inician su desarrollo en los nudos por encima del suelo –excepto los 6 u 8 nudos debajo de la panoja–. La demanda de agua y nutrientes es muy grande.

Estado V12. Se determina el número de granos potenciales (óvulos) y el tamaño de la mazorca. El número de hileras ya está establecido, pero no el número de granos por hilera. La deficiencia de nutrientes y humedad reduce el número de semillas y el tamaño de la mazorca.

Estado V15. El campo debe tener suficiente humedad –por lo menos hasta una semana después del estado R1–, porque puede reducir, significativamente, el rendimiento.

Estado V18. Continúa el rápido desarrollo de la mazorca que ya está visible.

Estado VT. La planta logra su tamaño máximo y se produce la antesis, o floración masculina. (Figura 10) (INIA, 2020).

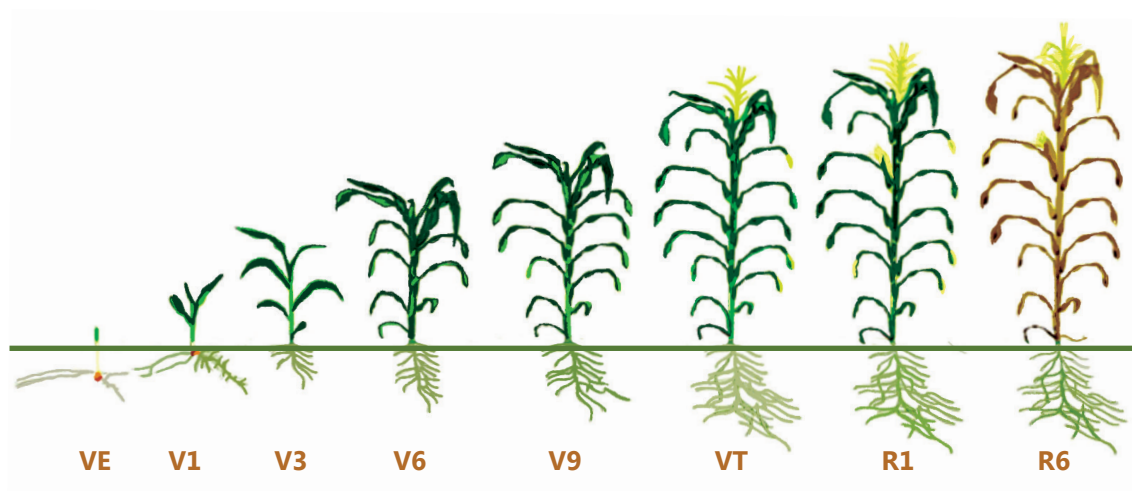


Figura 10. Estados de Desarrollo de la planta de maíz.

Fuente: Staging Corn Growth. Field Facts written by Pioneer Agronomy Sciences: bit.ly/SistRad



Figura 11. Emergencia (izquierda), D.R. Intagri.
Plantas con dos hojas (derecha).

4.2.2. Estados reproductivos

Estado R1. Los estigmas se polinizan. Las pancas, o brácteas, alcanzan su máximo tamaño. La falta de humedad afecta la polinización y facilita un pobre desarrollo de los granos.

Estado R2, o grano en estado Ampolla. La mazorca alcanza su máximo tamaño. Los estigmas se secan y el embrión es visible. Se inicia la acumulación de materia seca. Los granos logran un 85 % de humedad.

Estado R3, o grano en estado Lechoso. El embrión crece muy rápido. Se da una alta acumulación de materia seca. La humedad es de 80 %.

Estado R4, o grano en estado Pastoso. Las hojas embrionales y las raíces seminales se han formado. Continúa la acumulación de materia seca. Los granos se estrechan en las hileras de la mazorca. La humedad es de 75 %.

Estado R5, o grano en estado Dentado. Los granos empiezan a secarse a partir de la parte superior. La humedad es de 70 %.

Estado R6, o grano en estado de Madurez Fisiológica. Los granos alcanzan su total desarrollo. El contenido de humedad está entre 30 y 35 % se puede cosechar.

En el caso del maíz morado, los tiempos de los estados vegetativos y reproductivos varían de acuerdo al ciclo vegetativo de las variedades, algunas de ellas con ciclos de hasta 6 meses (INIA, 2020).

5. Variedades de Polinización Libre (VPL)



Para la producción de maíz morado es recomendable elegir campos aislados de otros maíces, asimismo realizar siembras aisladas por tiempo o distancia. De esta manera, se mantendrá la pureza varietal y obtendrá un maíz con mazorcas completamente moradas.

Las VPL pueden obtenerse de dos maneras:

1. A partir de la síntesis o de la recombinación de familias genéticas seleccionadas que se derivan de poblaciones mejoradas a través de programas de Selección Recurrente.
2. Recombinando líneas de alta endogamia derivadas de programas de formación de híbridos.

5.1. Obtención de semilla de VPL

Obtención de semilla propia de VPL

Lo primero es ubicar un área con plantas sanas que tengan buen vigor. El número de mazorcas seleccionadas está en función a la cantidad de grano que se requiere obtener como semilla; su número no debe ser menor a 100 mazorcas, sanas y completas. Si se toma un número menor de mazorcas la variedad se degenera; es decir, se produce la endocria, o consanguinidad, apareciendo plantas fuera de tipo con una baja notable de la productividad.

La selección de las plantas para obtener semilla debe realizarse después de la floración, cuando han alcanzado su máximo tamaño; es el mejor estado para elegir plantas sanas con tallos fuertes, mazorcas ubicadas en la mitad o menos de la altura de las plantas.



Una buena práctica es marcar las plantas seleccionadas con cintas de color. Lo recomendable es recolectar las mazorcas de las plantas marcadas antes de la cosecha total del campo, de manera que no se confundan con plantas no marcadas.

Una mazorca sana produce en promedio 150 g de grano para semilla. Si la densidad de siembra recomendada para maíz morado es de 35 kg por hectárea, el agricultor debe considerar marcar alrededor de 400 plantas, y en la cosecha seleccionar mínimo 250 mazorcas típicas sanas de la variedad.

La semilla debe ser tratada con químicos para evitar el daño producido por insectos plaga de almacén –principalmente por el gorgojo–, y almacenada en un lugar seco y fresco fuera del alcance de roedores.

Utilizar semilla certificada, o de plantas seleccionadas con pureza varietal, garantiza una buena producción. En la sierra del Perú se encuentran muy difundidas las variedades de maíz morado Canteño y PM-581. En los últimos años, la variedad INIA 601 –desarrollada en la Estación Experimental Agraria (EEA) Baños del Inca–, en Cajamarca, e INIA-615-Negro Canaán –en la EEA Canaán– en Ayacucho, son adecuadas para condiciones de valles interandinos de la sierra peruana.

Para la producción de maíz morado es recomendable elegir campos aislados de otros maíces, asimismo realizar siembras aisladas por tiempo o distancia. De esta manera, se mantendrá la pureza varietal y obtendrá un maíz con mazorcas completamente moradas.

**Si la densidad de siembra recomendada
para maíz morado es de 35 kg por
hectárea, el agricultor debe considerar
marcar alrededor de 400 plantas, y en la
cosecha seleccionar mínimo 250 mazorcas
típicas sanas de la variedad.**

5.1. VPL sembradas actualmente en la sierra del Perú.

Tabla 4. Cultivares comerciales de maíz morado inscritos en el Registro de Cultivares Comerciales de la Autoridad en Semillas. Enero de 2019.

CULTIVAR	SOLICITANTE	OBTENTOR	FECHA	ÁMBITO
Kculli (morado) PMV-581	DRA Cusco		27-Jun-83	Costa y sierra baja y media
INIA 601	INIA	INIA EEA Baños del Inca	29-Mar-00	Sierra norte
INIA 615 - Negro Canaán	INIA	INIA EEA Canaán	10-Ene-07	Huanta y Huamanga (Ayacucho)



Figura 12. Variedades mejoradas de maíz morado del INIA: INIA 601 (izquierda) e INIA 615 Negro Canaán (derecha).

6. Agroecología y factores agroclimáticos para el cultivo de maíz



El 85 % de los organismos vegetales
están compuestos de agua; las
células desarrollan sus roles
correspondientes en medios de alta
humedad.

6.1. Temperatura

Es el factor agroclimático más importante en el desarrollo y crecimiento de la planta, pues acelera o retarda los procesos metabólicos, facilitando que la planta prolongue o acorte su periodo vegetativo (INIA, 2020).

En la sierra del Perú el clima es seco y templado, con grandes variaciones de temperatura en un mismo día (entre 2 y 20°C). Las precipitaciones pluviales oscilan entre 500 y 1200 mm/año, con veranos lluviosos e inviernos secos, y heladas durante el invierno. En la sierra peruana, la temperatura en el año oscila entre 10 y 21 °C, fuera del rango en que ocurre el crecimiento normal de maíz en la costa o selva; esta es la razón por la que el crecimiento celular de los tejidos del maíz amiláceo es lento.

En la fase reproductiva del cultivo, las temperaturas altas (más de 35°C) afectan la viabilidad del polen y reducen significativamente el rendimiento. Las altas temperaturas durante la formación del endospermo afectan la acumulación de materia seca en el grano, reduciendo su tamaño. Esto no ocurre en la sierra, donde las temperaturas no llegan a esos niveles (INIA, 2020).

6.2. Agua

Es el vehículo de transporte de elementos nutritivos, y de fotosintatos, dentro de la planta, la misma que la absorbe del suelo. Las células desarrollan sus roles correspondientes en medios de alta humedad e interviene, directamente, en la reacción fotosintética. Aunque varía según la especie, el 85 % de los organismos vegetales están compuestos de agua; las células desarrollan sus roles correspondientes en medios de alta humedad. El agua interviene directamente en la reacción fotosintética (INIA, 2020).

En la sierra, después de la germinación, es muy común la presencia de veranillos que influyen en la cantidad de agua. La falta de agua en las primeras etapas del cultivo, reduce el número de

plantas por hectárea. El momento crítico del cultivo, que demanda suficiente disponibilidad de agua, es dos semanas antes de la floración; es decir, antes que la panoja comience a liberar polen y la mazorca emita los primeros estigmas, hasta dos semanas después de la floración. La falta de agua en este periodo reduce la producción de grano por unidad de superficie (INIA, 2020).

La mayoría de variedades mostradas en la Tabla 3, se producen en la sierra en época de lluvia y en lugares con precipitaciones pluviales de 600 a 700 mm. En años normales, el inicio de lluvias marca la preparación del suelo y la siembra, todo el periodo vegetativo el cultivo depende de las precipitaciones pluviales.

En la sierra norte y centro del país, las lluvias entre octubre y marzo, son suficientes para obtener rendimientos superiores a 5 t/ha con el uso de un buen paquete tecnológico. La cosecha es a partir de abril.

Si se presentan períodos de sequía y se dispone de agua para riego, se recomienda efectuar riegos complementarios por gravedad, aspersión o por goteo cuando el cultivo lo requiera en forma oportuna, sobre todo en las etapas críticas del cultivo: crecimiento rápido, inicio de floración, floración y llenado de grano (INIA, 2020).

6.3. Radiación solar

El proceso de la fotosíntesis consiste en la transformación de materia inorgánica a materia orgánica por efecto de la energía del sol. La planta utiliza la luz solar, que es captada por la clorofila y usada como energía para convertir –en presencia de agua– el dióxido de carbono de la atmósfera en glucosa y oxígeno. Esta materia orgánica es utilizada por la planta como fuente energética para otros procesos fisiológicos en el desarrollo y crecimiento de los distintos órganos, incluyendo el grano (INIA, 2020).

La ruta metabólica C4 que posee el maíz –caracterizado por tener una menor foto respiración en presencia de luz–, permite un aprovechamiento más eficiente en el proceso fotosintético; esto se ve reflejado en un mayor potencial productivo en la producción de materia seca.

En la sierra –sobre los 3 000 m s. n. m.– la presencia de nubes, neblina y bajas temperaturas, afectan el normal crecimiento y desarrollo de la planta de maíz, alargando el periodo vegetativo.

6.4. Fotoperiodo

La relación entre radiación solar y rendimiento es directa: a mayor radiación solar, mayor rendimiento. Por esa razón, es muy importante lograr que la población de plantas en un campo de maíz –una vez que alcancen su máximo tamaño– no deje pasar la luz solar, así su follaje la capturará en su totalidad.

El maíz morado aumenta su producción de antocianinas (pigmentos hidrosolubles que se hallan en las vacuolas de las células) cuando las plantas están más expuestas a los rayos solares. Por lo mismo, a mayor exposición a rayos ultravioleta, mayor producción de Antocianinas (Medina et al. 2016).

Es necesario mantener el espacio suficiente entre surcos, dejando dos plantas por golpe en el desahije; esto permitirá que la parcela tenga buena iluminación y se podrá obtener maíz morado bien oscuro.

El momento de verificar es al mediodía, cuando los rayos de sol se proyectan verticalmente sobre la Tierra. Días nublados no favorecen la producción de materia seca, por lo que los rendimientos pueden reducirse drásticamente bajo condiciones extremas de baja radiación solar. En la sierra, esta situación es muy frecuente.

7.Siembra

A close-up, diagonal view of a corn cob with deep purple kernels. The kernels are arranged in neat rows, and the lighting highlights their glossy texture. The background is a solid, slightly darker purple.

La obtención de cultivares
mejorados de polinización libre se
basa en la selección sistemática
de individuos deseables de
una población seguida de
recombinación de los individuos
seleccionados para formar una
nueva población.

7.1. Época de siembra

La época de siembra del maíz morado en la sierra es variable, depende del ciclo vegetativo de la variedad, de la región y la altitud. En las laderas la época es diferente a los valles; en general, es influenciada por la disponibilidad de agua suministrada por precipitaciones pluviales y, en menor área, por agua de riego.

En la sierra norte, con el cambio del clima, se ha acortado el periodo de lluvias y ha aumentado su intensidad. De continuar este fenómeno en los próximos años, será necesario modificar la época de siembra.

En los valles interandinos el maíz morado se puede sembrar entre 2 000 y 3 100 m s. n. m. Las épocas más apropiadas son en campaña chica –si se cuenta con agua de riego–, en el mes de julio; y en campaña grande, en octubre y noviembre.

7.2. Semilla

7.2.1. Uso de semilla de calidad

La producción de semilla de cultivares de polinización libre, se inicia con la obtención de la genética en los núcleos de semilla genética. El mantenimiento de la identidad varietal lo realiza el fitomejorador obtentor de la variedad, utilizando no menos de cien mazorcas típicas (familias) y un compuesto balanceado (CB) de las familias (macho), dispuestas en el sistema de medios hermanos mazorca por surco, generalmente en la proporción 3:1 (3 surcos de familias hembra por un surco del macho balanceado). Este proceso consiste en la selección de las mejores familias, considerando plantas y mazorcas típicas de la variedad. La semilla genética se utiliza para multiplicar la categoría básica, ésta para la registrada y a su vez para la certificada.

En lo posible se debe utilizar semilla certificada que producen los multiplicadores de semilla como el INIA, inscritos ante la Autoridad en Semillas. Si es semilla propia, se recomienda utilizar de buena calidad, libre de enfermedades, de tamaño uniforme, de las mejores mazorcas típicas de la variedad proveniente de plantas marcadas. La semilla de calidad tiene alto poder de germinación y, sembrada a una misma profundidad, tiene alto porcentaje de emergencia de plántulas vigorosas en forma uniforme, lo que garantiza una densidad poblacional planificada y mayor tolerancia al ataque de plagas.



Figura 13. Semilla de maíz morado (D.R. Andina).



CERTIFICADORA GVR
SELVA S.A.C.
 Resolución Jefatural Nº 009-2018-INIA.
 Av. Pakamuros Nº 1310 – Dpto. 501 – Urb. San Belizario.
 Jaén – Cajamarca / Teléfono: 979031140
 selvacertificadoragr@hotmail.com

SEMILLA CERTIFICADA
CATEGORÍA BÁSICA
Nº 0000780

ESPECIE:	MAÍZ
CULTIVAR:	INIA 601
LOTE Nº:	GVS2-009-21 -- 01
PRODUCTOR	INIA BAÑOS DEL INCA
Peso Neto ó Nº Semillas.	50 Kilos
FECHA ETIQUETADO:	OCTUBRE 2021
Nº CONTROL:	7201GVS20092101
Lugar de Producción:	Cajabamba-Cajamarca

*SEGÚN DECLARACION DEL PRODUCTOR LA SEMILLA CONTENIDA EN ESTE ENVASE PROVIENE DE LOS CAMPOS INSPECCIONADOS POR EL ORGANISMO CERTIFICADOR DE SEMILLAS
 *VALIDEZ DE ETIQUETADO: 9 meses



CERTIFICADORA GVR
SELVA S.A.C.
 Resolución Jefatural Nº 009-2018-INIA.
 Av. Pakamuros Nº 1310 – Dpto. 501 – Urb. San Belizario.
 Jaén – Cajamarca / Teléfono: 979031140
 selvacertificadoragr@hotmail.com

SEMILLA CERTIFICADA
CATEGORÍA CERTIFICADA
Nº 00008040

ESPECIE:	MAÍZ
CULTIVAR:	INIA 601
LOTE Nº:	GVS5-009-21 -- 01
PRODUCTOR	INIA BAÑOS DEL INCA
Peso Neto ó Nº Semillas.	50 Kilos
FECHA ETIQUETADO:	OCTUBRE 2021
Nº CONTROL:	7201GVS20092101
Lugar de Producción:	Cajabamba-Cajamarca

*SEGÚN DECLARACION DEL PRODUCTOR LA SEMILLA CONTENIDA EN ESTE ENVASE PROVIENE DE LOS CAMPOS INSPECCIONADOS POR EL ORGANISMO CERTIFICADOR DE SEMILLAS
 *VALIDEZ DE ETIQUETADO: 9 meses

Figura 14. Etiquetas de diferentes categorías de semilla.

Si se intercambia o compra semilla, se debe considerar hacerlo del mejor agricultor. Otra opción es que el agricultor utilice su propia semilla de plantas seleccionadas, tal como se indica en el ítem 6.1.

En el Perú es común la tendencia de los agricultores de probar semilla de otras regiones sin mayores restricciones. Sin embargo, en el caso de maíz amiláceo, esa tendencia está limitada por la adaptación específica de las variedades, pues se comporta mejor en sus lugares de origen y de adaptación.

Entre 74 y 90 % de productores de maíz de los valles interandinos de la sierra, utilizan semilla propia que seleccionan de su cosecha. Además, intercambian semilla con otros agricultores: 2,9 % en la sierra de La Libertad y 14,5 % en Junín; también compran semilla a particulares (4,3 %).

Actualmente, en el Perú, el precio de un kilogramo de grano de cualquier cultivar nativo libre de contaminantes vale más que el de maíz amarillo duro. En la sierra existen poblaciones de variedades locales, Compuestos Raciales (CR) y los Complejos Peruanos (CP) que el INIA formó a partir de 1975 con el objetivo de desarrollar cultivares mejorados. De estos se han obtenido las variedades de maíz morado INIA 601 e INIA 615-Negro Canaán.

La obtención de cultivares mejorados de polinización libre se basa en la Selección Recurrente (SR), que consiste en la selección sistemática de individuos deseables de una población seguida de recombinación de los individuos seleccionados para formar una nueva población. Un ciclo de selección se completa cada vez que una nueva población ha sido formada.

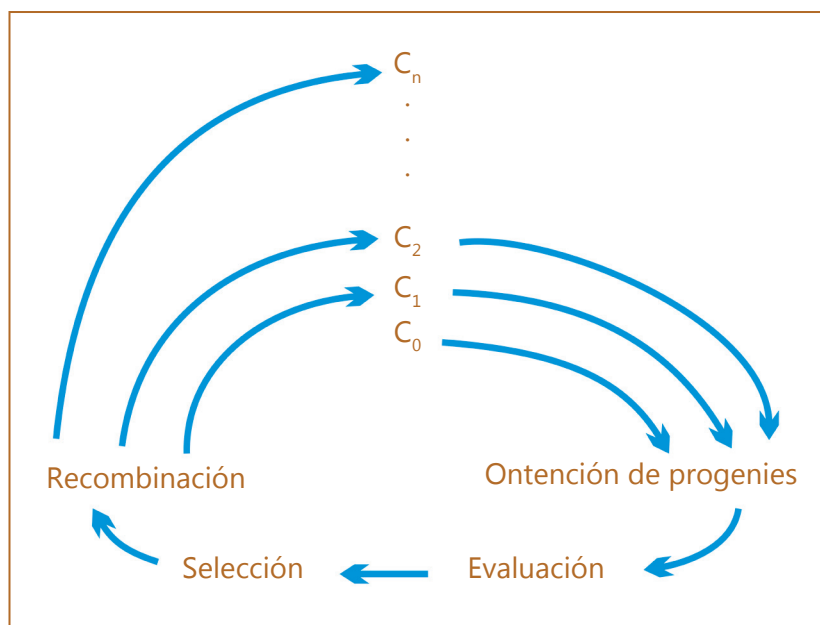


Figura 15. Esquema de selección recurrente en maíz.
Adaptado de Laurentin (2017).

La SR exitosa origina una población mejorada superior a la población original, y garantiza el incremento del rendimiento. La ventaja de este sistema radica en que el fitomejorador puede obtener resultados parciales (lanzar una variedad, por ejemplo) en algún ciclo de la SR (Figura 14).

Existen diferentes tipos de SR, dependiendo del tipo de progenie que se utilice en el proceso de selección:

(i) Medios hermanos (MH), donde la planta madre es conocida y la planta padre desconocida.

(ii) Hermanos completos (HC), las plantas madre y padre son conocidas.

(iii) Líneas endogámicas S1 (S, del inglés selfing, autofecundación), es un conjunto de individuos genéticamente uniformes que descienden de una planta, son obtenidos a partir una autofecundación y selección posterior. El símbolo que se usa para designar la autofecundación es $\otimes$.



En la selección modificada mazorca por surco (entre y dentro de familias de MH), la ganancia por ciclo es de 5,1 % con 3 a 10 ciclos de selección. En HC es 5,8 % con 4 a 10 ciclos; con líneas S1 es 4,5 % con 3 a 8 ciclos de selección. Los ciclos de SR duran 1 año en la selección mazorca por surco (MH), 2 años en HC y 3 en la selección de líneas S1. La SR de familias es superior a la selección masal; en esta última la ganancia solamente es de 3,1 %.

La semilla de calidad tiene alto poder de germinación y alto porcentaje de emergencia de plántulas vigorosas en forma uniforme, lo que garantiza una densidad poblacional planificada y mayor tolerancia al ataque de plagas.

7.2.2. Tratamiento de la semilla

Para asegurar una adecuada densidad poblacional –número de plantas por área– es necesario tratar la semilla; si es un suelo arcilloso que retiene humedad, para evitar que la semilla se pudra por ataque de hongos, debe tratarse con un fungicida específico. En suelos con presencia de gusanos –larvas de insectos plaga–, y para evitar que estos se alimenten del embrión de las semillas y de las plántulas, debemos tratar la semilla con un insecticida específico, por lo menos una hora antes de la siembra; es recomendable aplicar la dosis recomendada en el envase de los productos que se utiliza.

Para realizar el tratamiento de la semilla debemos proceder de la siguiente manera:

- Extender la semilla sobre una manta plástica, luego humedecerla rociando agua ligeramente en forma uniforme. El agua puede ser aplicada con una atomizadora manual, regadera o un envase con varios orificios en la tapa.
-

- La persona que aplica el fungicida o insecticida, debe cubrirse previamente la boca y nariz con una mascarilla, y las manos con guantes de jebe.
- Abrir con cuidado la bolsa del agroquímico y aplicar el producto sobre la semilla en forma uniforme. Considerar la cantidad indicada en la etiqueta del envase.
- Mezclar la semilla con el producto hasta que todas las semillas queden cubiertas con el producto en forma uniforme, hacerlo con ayuda de una herramienta manual.
- Dejar orear la semilla extendida por una hora, aproximadamente. Luego iniciar la siembra.

7.3. Selección y preparación del terreno

7.3.1. Labranza convencional

La preparación del suelo con yunta se adecúa mejor en terrenos pequeños con fuertes pendientes como los que predominan en la sierra; además, los costos son menores y adecuados a la condición económica familiar de los agricultores.

En suelos mecanizables aplicar un riego profundo o de machaco y –cuando el suelo esté con la humedad a punto– arar, cruzar y rastrar adecuadamente, utilizando tractor o yunta para que el suelo quede mullido y nivelado. Esto permitirá que en la siembra la semilla sea colocada a una misma profundidad y la emergencia de plántulas sea uniforme, además que las plantas tengan un adecuado crecimiento y desarrollo.

Al realizar el tapado de la semilla en la siembra, debemos dejar los campos nivelados; esto permitirá que la humedad del suelo facilite la germinación de las semillas, la emergencia y el crecimiento de las plántulas hasta el momento del deshierbo.



Figura 16. Preparación de terreno con yunta (D.R. A.Loja)

7.3.2. Labranza no convencional

Si en un campo se siembra maíz cada año, se debe hacer el barbecho del suelo después de la cosecha; esto romperá el ciclo biológico de los insectos plaga y de los patógenos que causan las enfermedades.

El suelo debe prepararse lo mejor posible para la siembra, sea con el arado de palo (arado andino) jalado por bueyes, o con el arado y rastra tirado por tractor.



7.4. Siembra

Para lograr una buena germinación de las semillas y emergencia uniforme de plántulas, debemos realizar la siembra en un suelo adecuadamente preparado, que tenga humedad suficiente, con una distribución de la semilla tratada a una misma profundidad.

7.5 Sistemas de siembra

Siembra tradicional

La mayor parte de los productores en la sierra practican la llamada siembra a cola de buey; consiste en rayar el terreno con la yunta, luego de haber sido preparado convenientemente. El gañán –persona que maneja la yunta– debe formar bien los surcos, preferentemente distanciados a 0.80 m –dependiendo de la pendiente del terreno–, siguiendo las curvas a nivel para evitar acumulación de agua al fondo del surco y la posible erosión del suelo.

La semilla es colocada en la raya dejada a la ida por la yunta, distribuyendo, aproximadamente, 6 a 8 semillas por metro lineal. Al regresar la yunta tapa la semilla; este es el momento para aplicar el abono orgánico como guano de las islas en la costilla del surco en forma corrida, o el guano de corral y compost bien descompuestos, aplicados en el fondo de los surcos o cerca de las semillas para luego taparlas adecuadamente con el arado.



Figura 17. Preparación de abonos orgánicos

Con este sistema no se tiene un buen control de la profundidad de siembra y del número de semillas que se debe sembrar para tener la densidad o número adecuado de plantas. Sin embargo, se adapta bien al trabajo familiar, pues el gañan es un miembro de la familia –generalmente el padre o el hermano mayor–, y quien distribuye la semilla es la esposa o los hijos e hijas.

Es recomendable preparar el suelo por lo menos después de 2 a 3 meses antes de la siembra, esto con la finalidad de conseguir la descomposición de los residuos vegetales de cosecha y romper el ciclo de los insectos plaga y de los patógenos que causan enfermedades.

Siembra semi mecanizada

Luego de preparar el terreno y con buena humedad, se distancian los surcos entre 0,80 m con una surcadora y uso de tractor. En los surcos se distribuyen 6 a 8 semillas por metro lineal, espaciadas a igual distancia, El abono orgánico –como gallinaza o guano de las islas–, o la mezcla de fertilizantes químicos, deben aplicarse en la costilla del surco en forma corrida.

Otra forma de siembra consiste en colocar 3 semillas en cada golpe con una distancia entre golpes de 0,50 m. El abono, o la mezcla de los fertilizantes, aplicar de 5 a 10 cm de la semilla.

Si los volúmenes son mayores a 5 t/ha, debemos aplicar el compost y el guano de corral bien descompuesto en todo el campo, esto con la finalidad de que sean incorporados durante la preparación del suelo; si disponemos de poca cantidad, podemos aplicarlos cerca de las semillas en forma corrida o localizada. El tapado se realiza con el paso de la surcadora complementada con tablón o riel.

**El abono orgánico, o la mezcla de
fertilizantes químicos, deben aplicarse en
la costilla del surco en forma corrida.**



Figura 18. Siembra en surco de maíz morado.

Siembra mecanizada

Se realiza en terrenos extensos y de poca pendiente, como los existentes en los valles interandinos de San Marcos y Condebamba, en la región Cajamarca. Se utiliza sembradoras abonadoras calibradas para distribuir semillas a un distanciamiento predeterminado para obtener la densidad planificada; asimismo se hace la mezcla de fertilizantes calculada en base al nivel de fertilización a aplicar. Si se realiza una adecuada preparación del suelo, este sistema garantiza la distribución uniforme de la semilla y los fertilizantes a una misma profundidad, así como una adecuada emergencia de las plántulas.

La siembra se realiza en menor tiempo –hora y media a dos horas por hectárea– con tres personas, además del tractorista.

7.6. Número de plantas por hectárea

La cantidad de plantas por hectárea es importante para tener buenas cosechas; sin embargo, depende de la variedad y cantidad de nutrientes que tiene el suelo o que se va a aplicar. Para evitar el tumbado de plantas en variedades que tienen plantas altas y mayor follaje –como la variedad INIA 601–, se aplica el abono o fertilizantes en función a la recomendación del análisis de fertilidad del suelo.

En una siembra tradicional –sembrando al distanciamiento indicado anteriormente–se utiliza 35 kg de semilla por hectárea utilizando la variedad INIA 601.

Para obtener un rendimiento superior a 5 toneladas por hectárea, la densidad recomendada es la de 50 000 plantas por hectárea. Cuando se siembra con una densidad mayor por competencia, las plantas crecen demasiado y se tumban o acaman; esto hace que las plantas no produzcan mazorcas, o las mazorcas y los granos resultan pequeños.



Figura 19. La densidad de plantas es el número de plantas por unidad de superficie.

La densidad de siembra es de gran importancia en la producción de maíz morado. Conviene tener una adecuada población de plantas para cosechar un mayor número de mazorcas, así se logra un alto rendimiento de tusas o corontas, de las que se extraen pigmentos naturales denominados antocianinas, cuyo precio en el mercado internacional permite que los ingresos por hectárea sean de dos a tres veces más que cuando se siembra maíz para grano. En alta densidad el distanciamiento de siembra entre surcos es de 0,80 m y entre golpes de 0,50 m con 3 semillas/golpe; esto permite obtener hasta de 75 000 plantas/ha. La cantidad de semilla requerida es de 35 kg/ha. Si dejamos dos plantas por golpe, tendremos 50 000 plantas/ha.

Las antocianinas representan un potencial para un reemplazo competitivo de colorantes sintéticos en los alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos; además, facilitan la obtención de productos con valor agregado dirigidos a la salud humana.



Figura 20. INIA 601, mostrando color intenso (antocianinas) y coronta.



Figura 21. INIA 601, mazorca en campo y mazorcas con brácteas o pancas.

Si la variedad de maíz morado tiene buen rendimiento de mazorcas o de grano, y buen contenido de antocianinas, las ventajas para el agricultor se incrementan considerablemente.

Se ha calculado que por 5 000 kg/ha de mazorca comercial de la variedad INIA 601, se puede obtener hasta 500 kg de corontas y 200 kg de pancas secas y picadas (que también contienen antocianinas) con contenido de antocianinas de 6,42 y 4,12 %, respectivamente, que es la forma como se comercializan estos productos en la actualidad. El precio del grano morado seco es de S/ 2,00 por kg y el precio por kg de tusas o pancas secas es de S/ 20. Por lo tanto, los 700 kg de tusas y pancas secas picadas generan un ingreso de S/ 14 000. Esto significa que, produciendo en una hectárea 2 500 kg de grano al 14 % de humedad y 700 kg de corontas y brácteas secas y picadas, el

agricultor podría obtener un ingreso bruto de S/ 19 000. Descontando el costo de producción, que se aproxima a S/ 8 000 por hectárea, la utilidad neta llegaría a S/ 11 000 por hectárea. Manteniendo los costos fijos se obtendría mayor rentabilidad con mayor productividad.



Figura 22. Brácteas, corontas y grano en secado.

**Las antocianinas representan
un potencial para un reemplazo
competitivo de colorantes sintéticos en
los alimentos, productos farmacéuticos
y cosméticos, con valor agregado para
la salud humana.**

7.7. Requerimiento de humedad y manejo del riego

La siembra de maíz se debe realizar en terreno con adecuada humedad; es decir, en capacidad de campo. Esto garantiza una adecuada germinación de las semillas.

Recordemos que la producción del cultivo de maíz en la sierra, generalmente, es al seco; depende de las lluvias. Sin embargo, en Cajamarca, se utiliza riego en algunos valles como Jesús para producir maíz choclo.

El riego debe ser aplicado oportunamente cuando el cultivo lo requiere. Después de la emergencia estimula el desarrollo del sistema radicular y, por lo tanto, el crecimiento de las plántulas. En general, el maíz necesita de mayor frecuencia de riego durante los estados de floración y formación del grano. El volumen total de agua que requiere el cultivo depende del ciclo vegetativo de la variedad —precoz, intermedio y tardío—, y varía entre 5 000 y 7 500 m³.

8. Fertilización química y abonamiento orgánico



La obtención de cultivares
mejorados de polinización libre se
basa en la selección sistemática
de individuos deseables de
una población seguida de
recombinación de los individuos
seleccionados para formar una
nueva población.

La aplicación de abonos orgánicos, y/o fertilizantes, en cantidad suficiente y adecuadamente balanceados, hará que las plantas tengan buen crecimiento y desarrollo, toleren o resistan el ataque de enfermedades, no se tumben y tengan menor competencia por nutrientes con las malezas. Para calcular la cantidad de nutrientes y micronutrientes que se aplicará a una hectárea, es necesario realizar el análisis de fertilidad del suelo; los resultados indicarán qué nutrientes y en qué cantidades disponibles tiene el suelo y lo que necesita para una buena producción.

Se puede producir maíz aplicando solo abonos orgánicos.



Figura 23. Fertilización en el cultivo de maíz (D.R. Ana Embid: bit.ly/3vunRxV).

8.1. Fertilización química

El maíz necesita entre 28 a 30 kg de nitrógeno (N), 10 a 12 kg de fósforo (P_2O_5), y 23 a 25 kg de potasio (K_2O) por cada tonelada de grano producido. Adicionalmente, requiere de calcio, magnesio y azufre. Una parte importante de los nutrientes extraídos son destinados a partes de la planta que no siempre se retiran del campo. Estas diferencias son particularmente importantes en los micro elementos y en el potasio, en el que solamente una pequeña parte va destinada al grano que se cosecha.

8.1.1. Macronutrientes

La mayor exigencia de nutrientes del cultivo de maíz morado son nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); además, necesita magnesio, calcio y azufre y elementos menores. Todos cumplen un rol importante en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Nitrógeno (N). Da vigor a las plantas, mantiene verde las hojas, favorece la fotosíntesis, el crecimiento y la acumulación de proteínas en el grano. En el suelo se encuentra en forma orgánica. Para que la planta lo pueda utilizar es necesario que se produzca la mineralización, actividad que es realizada por los microorganismos del suelo.

El nitrógeno es absorbido por la planta durante todo el ciclo vegetativo; sin embargo, en la floración el consumo es mayor. Se recomienda aplicarlo en forma fraccionada para el mejor aprovechamiento por la planta. La pérdida de este nutriente en el suelo ocurre por percolación y por volatilización.

Es importante tener en cuenta la fuente de nitrógeno a utilizar. Los fertilizantes comerciales a base de nitrógeno varían en su composición:

Tabla 5. Fertilizantes químicos y contenido de Nitrógeno (N)

Fertilizante	% de N
Úrea	46
Sulfato de amonio	20
Nitrato de amonio	33

La falta de nitrógeno se manifiesta en la aparición de hojas amarillentas en forma de «V» invertida, que van del ápice a la base, observándose en un inicio en las hojas de la base de la planta; sin embargo, cuando la deficiencia es pronunciada, la clorosis puede generalizarse en todas las hojas de la planta.

El nitrógeno es absorbido por la planta durante todo el ciclo vegetativo; sin embargo, en la floración el consumo es mayor.

Fósforo (P). Proporciona energía, favorece el desarrollo de las raíces y la formación de las mazorcas. Se encuentra en la planta en cantidades menores que el nitrógeno y el potasio. Está distribuido en toda la planta de maíz: 80 % en la semilla y 20 % en tallos, hojas y brácteas. La mayor exigencia de fósforo es durante la floración.

El fósforo debe estar contenido en la solución suelo; es la única forma que puede ser absorbido directamente por la planta. Su concentración en dicha solución normalmente es muy baja. A medida que la planta absorbe fósforo, hay reposición de este nutriente en solución por la fracción de fósforo lábil o adsorbido.

Una vez en la solución, el fósforo se mueve por difusión hasta la superficie de las raíces. Cuando es absorbido, ocurre una disminución de la concentración en la superficie de las raíces y es necesario su reposición. La densidad de raíces es un factor muy importante en la absorción del fósforo, pues el anión fosfato se mueve a cortas distancias.

Otro factor que debe ser tomado en cuenta es la demanda del fósforo por el cultivo. Plantas en intenso crecimiento, de ciclo corto como el maíz, requieren mayor nivel de fósforo en la solución y reposición más rápida de fósforo adsorbido, que plantas de cultivos perennes.

Las deficiencias de fósforo se observan en plantas jóvenes. El borde de las hojas inferiores es de color verde oscuro o rojizo púrpura, esto afecta el crecimiento de la planta y el desarrollo del sistema radicular.

El fósforo debe estar contenido en la solución suelo; es la única forma que puede ser absorbido directamente por la planta.



Figura 24. Morfología de la hoja y deficiencia de fósforo en maíz morado (D.R. Gaeco).

Los fertilizantes fosfatados más utilizados con su respectivo porcentaje de P_2O_5 , son los siguientes:

Tabla 6. Fertilizantes químicos y contenido de fósforo (P).

Fertilizante	% P_2O_5
Fosfato mono amónico	50
Fosfato di amónico	46
Superfosfato triple de Calcio	46
Superfosfato simple	21

Potasio (K). Es el elemento que le da consistencia al tallo y a las hojas, hace que la planta sea resistente al tumbado, al ataque de enfermedades, heladas y sequía, y mejora la calidad de los granos. Es el macronutriente más abundante en la planta, actúa a gran velocidad de absorción con relación a otros elementos.

La absorción de potasio por la planta de maíz es relativamente lenta hasta los 30 días después de la emergencia de la plántula, aumentando considerablemente a partir de ese período, manteniéndose constante por un lapso de 20 a 25 días que coincide con la floración.

La deficiencia de potasio se observa como una quemadura de coloración café en los bordes de las hojas más cercanas al suelo. También puede observarse una coloración café en el interior de los nudos del tallo, fácilmente detectable realizando cortes longitudinales del tallo. En etapas avanzadas se puede apreciar en la punta de las mazorcas los granos no desarrollados formando mazorcas imperfectas de poco valor comercial.

Los principales fertilizantes que contienen potasio son los que a continuación de muestran:

Tabla 7. Fertilizantes químicos y contenido de potasio (K).

Fertilizante	% de K
Sulfato de potasio	50
Cloruro de potasio	60

El potasio da consistencia al tallo y a las hojas, hace que la planta sea resistente al tumbado, al ataque de enfermedades, heladas y sequía, y mejora la calidad de los granos.

8.1.2. Micronutrientes

Son compuestos muy importantes en el metabolismo de las plantas, o esenciales para el funcionamiento de sistemas enzimáticos. Las cantidades de estos micronutrientes, requeridos por la planta, son muy pequeñas en relación a los macronutrientes. La deficiencia puede tener efecto en la desorganización de procesos metabólicos. Una aplicación en exceso puede ser más perjudicial a la planta que la propia deficiencia.

Los micronutrientes más importantes son: boro, cobre, manganeso, hierro, molibdeno y zinc.

8.1.3. Materia orgánica

El suelo agrícola está formado por minerales y residuos orgánicos. En el suelo se encuentra la materia orgánica en forma de residuos vegetales –raíces, tallos, hojas–, que no han sufrido transformación; por lo tanto, se encuentran en estado original.

En general, en la sierra el porcentaje de materia orgánica en los suelos es muy variable, con valores muy próximos a cero; en algunos casos de hasta 20 %. El contenido disminuye en suelos sometidos a frecuente laboreo, o en aquellos en los que se practica rotación de cultivo de alta intensidad sin dejar rastrojos de una campaña a otra.

Los residuos vegetales se transforman en humus por el proceso de humificación. Por acción física, química o biológica, en una segunda etapa de mineralización, se convierten en minerales que son utilizados por las plantas.

La humificación de la materia orgánica consiste en la transformación de compuestos orgánicos –a través de microorganismos–, a compuestos orgánicos. Otorga al suelo características idóneas, aumentando la aireación, humedad,

capacidad de intercambio catiónico y formación de agregados; además, mejora la estructura del suelo y el control de plagas. Al contrario de lo que sucede con la mineralización, la humificación retiene el carbono y disminuye la emisión de dióxido de carbono, con lo que es un proceso óptimo desde el punto de vista de la sostenibilidad. El proceso de mineralización es lento, por lo mismo se recomienda aplicar el humus antes de la siembra, pero debemos considerar que esto incrementa los costos de producción.

En la sierra norte, y especialmente en Cajamarca, los suelos contienen hasta 20 % de materia orgánica; sin embargo, no está disponible para la planta debido a los altos niveles de acidez. En estos casos, resulta económica la práctica de encalado que, aparte de reducir la acidez del suelo, incrementa la disponibilidad de nutrientes como calcio y magnesio.

Los residuos vegetales se transforman en humus por el proceso de humificación.

Por acción física, química o biológica, en una segunda etapa de mineralización, se convierten en minerales que son utilizados por las plantas.

8.1.4. Momento de abonamiento y aplicación de fertilizantes

El abonamiento y la aplicación de fertilizantes se realizan con la finalidad de devolver la fertilidad que ha perdido el suelo en la siembra anterior. La cantidad de fertilizantes necesarios depende de la fertilidad natural del suelo, asimismo del potencial de rendimiento de la variedad de maíz.

Además de los fertilizantes, se recomienda la aplicación de abonos orgánicos como guano de corral descompuesto (de 10 a 15 t/ha), compost, humus de lombriz, guano de las islas, y otros, que deben ser aplicados de acuerdo con su disponibilidad. Estos abonos proporcionan nitrógeno, fósforo y potasio a medida que se descomponen; también mejoran la aireación, la retención de agua e incrementan la flora y fauna microbiana en el suelo.

Si se utilizan fertilizantes químicos, es necesario que a la siembra se aplique todo el fosforado y el potásico, más $\frac{1}{3}$ del nitrogenado. Se recomienda la aplicación de los $\frac{2}{3}$ restantes del nitrogenado en el aporque, cuando la planta se encuentra en estado de 6 a 8 hojas extendidas; en los valles interandinos esto ocurre a los 30 a 40 días después de la siembra.

El primer tercio de nitrógeno también se puede aplicar enterrado 10 días después de la siembra, colocándolo de 5 a 10 cm de la planta.



Figura 25. Aplicación de fertilizante nitrogenado cerca de la planta de maíz.

8.1.5. Cantidad de fertilizantes a aplicar

La mezcla homogénea de los fertilizantes debe aplicarse en la costilla de los surcos a chorro continuo. Si la siembra es a golpes, se aplicar entre golpe y golpe de 5 a 10 cm de las plantas, considerando la pendiente del terreno, o el sentido en que discurrirá el agua de riego o de lluvias. Los fertilizantes no deben estar en contacto con las semillas pues afecta la emergencia de las plantas en el momento de la germinación.

Tabla 8. Niveles de fertilización y sus equivalentes en peso y en número de bolsas por hectárea.

Nivel de fertilización			kg/ha (N° de bolsas de 50 kg/ha)		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Urea	Fosfato di amónico	Cloruro de Potasio
120	80	90	193 (3.9)	174 (3.5)	150 (3.0)
140	92	90	226 (4.5)	200 (4.0)	150 (3.0)
160	120	120	246 (4.9)	261 (5.2)	200 (4.0)
180	120	120	289 (5.8)	261 (5.2)	200 (4.0)

Una opción para la producción de maíz –con aplicación mínima de fertilizantes químicos– es incorporar en la preparación del suelo 20 a 25 bolsas de guano de las islas como mejorador del suelo y aportante de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Se debe considerar los siguientes porcentajes y formas químicas: 12 a 14 % de N; 10 a 12 % de P₂O₅; 2 a 3 % de K₂O; 8 % de CaO; 0,5 % de MgO y 15 % de azufre.

Para producir una cosecha óptima de maíz morado debemos emplear el nivel de fertilización formulado en base al resultado del análisis de fertilidad del suelo. Además, siendo un cultivo con alta densidad de plantas, es conveniente aplicar dosis adecuadas de nitrógeno, fósforo y potasio.

**Los abonos también mejoran la
aireación, la retención de agua e
incrementan la flora y fauna microbiana
en el suelo.**

8.2. Abonamiento orgánico

Es posible producir maíz morado aplicando solamente abonos orgánicos; por ejemplo, 8 a 10 t/ha de guano de corral adecuadamente descompuesto.

Los abonos orgánicos contienen diferentes cantidades de nutrientes. Es conveniente aplicar estiércol bien descompuesto –tanto de vacunos, ovinos, equinos, cuyes, aves y otros–, o compost entre 8 a 10 t/ha; asimismo, humus de lombriz de 3 a 5 t/ha, y guano de las islas de 0,75 a 1,0 t/ha. Cuando se dispone de cantidades menores de estiércol descompuesto, hay que aplicarlo en la siembra en forma corrida o localizada sobre cada golpe. (La Tabla 8 describe la ley o composición química de cada abono orgánico).

Cuando se aplica a la siembra solo abonos orgánicos, una alternativa para incrementar la productividad es aplicar fertilizante nitrogenado en el primer aporque.

Tabla 9. Composición química de diferentes abonos orgánicos (%). Nitrógeno (N), óxido de fósforo (P_2O_5), Óxido de potasio (K_2O) y Conductividad Eléctrica (CE)

Abono orgánico	N	P_2O_5	K_2O	CE
Estiércol	1.64	0.96	2.50	19.65
Compost	1.39	0.67	0.69	8.60
Humus de lombriz	1.54	0.21	0.46	3.80
Guano de las Islas	13.00	12.0	2.50	10.0

Antes de preparar el terreno es conveniente realizar el análisis de fertilidad del suelo en un laboratorio que preste este servicio. Esto se hace a partir de un adecuado muestreo del suelo con el fin de obtener una muestra representativa del área a sembrar, y así obtener recomendaciones adecuadas de la dosis de nutrientes suficiente para obtener una buena producción de maíz.

Figura 26. Resultado de análisis de fertilidad del suelo.

9. Manejo integrado de plagas del maíz morado



Identificar insectos perjudiciales es muy importante para definir la práctica de control más apropiada; también identificar insectos útiles –predadores y parásitos–, debido a que puede ayudar a aumentar la efectividad de las medidas de control.

En agricultura se entiende como manejo integrado de plagas, control integrado o integral de plagas –incluye a insectos plaga, ácaros, patógenos, malezas, roedores, y otros–, a una estrategia que usa una gran variedad de métodos complementarios, –físicos, mecánicos, químicos, biológicos, genéticos, legales y culturales– para el control de plagas.

Este método se aplica en tres etapas: prevención, observación y aplicación. Es un procedimiento ecológico que tiene por finalidad reducir o eliminar el uso de plaguicidas; además, minimizar el impacto al medio ambiente. Asimismo, es el tratamiento ideal para los cultivos orgánicos; y un proceso proactivo, completo y efectivo, que asegura el control total del problema a través de una cuidadosa selección de recursos adaptados a características específicas. En agricultura de gran escala, el control integrado de plagas puede reducir la exposición de los seres humanos a productos químicos con potencial tóxico y reduce costos.

En el cultivo de maíz, las pérdidas de cosechas y disminución de la productividad por efecto de plagas son variadas y están en función a las condiciones ambientales de cada región, al tipo de plaga, al momento del ataque, al daño ocasionado en campo o en almacén, entre otros factores. En años normales estas pérdidas fluctúan entre 10% y 20 %, incrementándose en años muy lluviosos, principalmente, por la mayor incidencia de la pudrición de mazorca, sobre todo en la sierra.

Normalmente, en ambientes favorables, las plagas proliferan cuando hay abundante alimento. Desafortunadamente, las medidas que se utilizan para aumentar la productividad de los cultivos –por ejemplo, el monocultivo de las variedades de alta producción, el cultivo múltiple mediante la reducción o eliminación de los suelos descansados, el uso de los fertilizantes, etc.– crean un ambiente favorable para el surgimiento de plagas. Por esta razón, en cualquier agro sistema efectivo, se requiere el manejo inteligente de los problemas de las plagas.

9.1. Generalidades y principios

Los insectos plaga que atacan el maíz ocasionan daños en los diferentes estados de crecimiento y desarrollo de la planta. La semilla –antes o inmediatamente después de germinar– es afectada por gusanos de tierra; igualmente la hoja, tallo y el grano en sus diversos estados. En algunos casos estos insectos ocasionan daño directo, alimentándose de la planta, y, en otros casos, daños indirectos al transmitir enfermedades.

Identificar insectos perjudiciales es muy importante para definir la práctica de control más apropiada; también identificar insectos útiles –predadores y parásitos–, debido a que puede ayudar a aumentar la efectividad de las medidas de control.

Los insectos, por lo general, pasan por cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva o ninfa, pupa o crisálida y adulto. Las formas inmaduras –larva o ninfa– no tienen alas y, en algunos insectos, tampoco tienen patas –ápodos–, lo cual les confiere una apariencia muy distinta a la pupa o adulto. Las larvas son las que causan mayor daño a las plantas; las larvas y los adultos de los gorgojos a los granos.



Figura 27. Daño ocasionado por ataque de aves silvestres en maíz morado.



Figura 28. Daños ocasionados insectos plaga en el maíz morado.

9.1.1. Principios del control integrado de plagas

Un programa de control integrado de plagas se basa en ocho componentes:

- **Niveles aceptables de plagas.** El principio es controlar, no erradicar. La erradicación completa de una plaga es imposible. Es mejor conocer cuál es el nivel de daño económico de una plaga y aplicar controles cuando se excede los niveles permisibles.

- **Prácticas preventivas de cultivo:** La primera línea de defensa es seleccionar las variedades más apropiadas para las condiciones locales de cultivo y mantenerlas sanas. En forma complementaria, se puede realizar cuarentenas y otras técnicas de cultivo, tales como medidas sanitarias, por ejemplo: eliminación de plantas enfermas para evitar la propagación de la plaga.

- **Control cultural:** Comprende periodo de campo limpio, adecuada preparación del suelo, eliminación de rastrojos, rotación de cultivos, uso de barreras vivas, adecuado manejo de riegos, eliminación oportuna de malezas, uso de cultivos trampa, y realización de aporques.



Figura 29. Labor de aporque en el cultivo de maíz (D.R. El Peruano).

- **Muestreo:** Se usan sistemas de muestreo de niveles de plagas, tales como observación visual, trampas de esporas o insectos, y otras. Es fundamental llevar cuenta de todo lo relacionado a la plaga, así como conocer el comportamiento y ciclo reproductivo de las plagas. El desarrollo de los insectos depende de la temperatura ambiental, pues son de sangre fría. Los ciclos vitales de varios insectos dependen de las temperaturas diarias.

- **Control mecánico:** Si una plaga llega a un nivel inaceptable, los métodos mecánicos son la primera opción. Debemos cogerlos manualmente; asimismo, colocar barreras o trampas, usar aspiradoras y arar para interrumpir su reproducción.

- **Control biológico:** Los procesos y materiales biológicos pueden permitir un control con impacto ambiental mínimo y, generalmente, a bajo costo. Lo importante es promover organismos benéficos que ataquen a los insectos plaga; pueden ser microorganismos, hongos, nematodos e insectos parasíticos y depredadores.

- **Control etológico:** Se realiza mediante el uso de trampas de luz y de feromonas, trampas alimenticias y trampas corrugadas.
- **Control químico:** Únicamente se usa pesticidas sintéticos cuando es necesario y en la cantidad y momento adecuado; esto impactará en el ciclo vital de la plaga. Muchos de los insecticidas nuevos son derivados de sustancias naturales vegetales; por ejemplo: nicotina, piretro y análogos de hormonas juveniles de insectos. Actualmente, se evalúan técnicas ecológicas de herbicidas y pesticidas con base biológica.

Identificar insectos perjudiciales es muy importante; también identificar insectos útiles, debido a que puede ayudar a aumentar la efectividad de las medidas de control.

9.2. Manejo integrado de las plagas

9.2.1. Insectos que dañan diversas partes de la planta

Insectos del suelo

Los que ocasionan daños en el cultivo de maíz son: *Feltia experta* en su estado larval; *Copitarsia turbata* y *Agrotis ipsilon* corta el cuello de las plantas recién emergidas durante la noche; *Puranius* sp (cuchi cuchi) y *Astilus variegatus* comen y dañan el embrión de la semilla sembrada; *Phyllophaga* sp o *Ancognatha scarabioides* (racka o gallina ciega) come las raíces; *Diabrotica* sp (lorito verde) ocasiona daños en el cuello de las plantas. Los campos infestados presentan gran número de fallas o pérdida de plantas (claros) en los surcos.



Figura 30. Plagas del suelo: Larva y daño ocasionado por larva
(D.R. Juan Pérez D. / Damaged Crop: bit.ly/3s3PKe6).

Si se presenta un fuerte ataque de gusanos de suelo en un cultivo establecido, el control se torna difícil; ni los insecticidas sistémicos logran controlar el ataque. Una alternativa para evitar daños —a nivel de raíces y cuello de la plántula—, es aplicar riegos pesados con cierta frecuencia. Cuando la población y los daños son severos es importante realizar el monitoreo y control de adultos mediante trampas de luz y a base de melaza de caña de azúcar.



Figura 31. Ataque de gusanos de tierra en el cultivo de maíz morado
(D.R. S. Biomatrix: bit.ly/3s35uOh).

Al concluir la cosecha, debemos arar el suelo con la humedad remanente con el fin de romper el ciclo biológico de los insectos.

Insectos de la planta

Los principales son: cogollero (*Spodoptera frugiperda*), cañero (*Diatraea saccharalis*) y choclero o mazorquero (*Helicoverpa zea*), cigarritas (*Dalbulus maydis*), larvas de mosca de la mazorca (*Euxesta sororcula*), lorito verde (*Diabrotica* spp). En las zonas altas –sobre los 3 000 metros de altitud– el ataque de los gusanos de estos insectos no es significativo; sin embargo, con el incremento de la temperatura, producto del cambio climático, estas plagas van apareciendo en altitudes mayores, constituyéndose en plagas clave como el cogollero, mazorquero y larvas de mosca de la mazorca y, como potenciales, lorito verde y cañero.



Figura 32. Larvas de *Euxesta* spp en maíz morado.



Figura 33. Gusanos de la mazorca de *Helicoverpa zea* B., encontradas en zonas mayores a los 3 000 m s.n.m. (superior izquierda y derecha). Adulto de la mosca de *Euxesta* sp en maíz morado (inferior); D.R. Gregg Nuessly.

Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith). Es la plaga más importante del maíz. Los campos de valles interandinos con sequía prolongada presentan condiciones para su proliferación. Puede atacar al maíz desde que tiene entre 10 a 15 cm de altura (dos hojas), asimismo afectar a toda la planta. Las larvas pequeñas producen raspados en la hoja y, a partir del tercer estadio, mascan y perforan el cogollo, afectando la densidad de plantas y rendimientos. La forma de prevenir su ataque, es logrando que los campos estén libres de malezas (grama china y otras gramíneas). Para disminuir la población de adultos debemos colocar en el campo trampas de luz y melaza;

además, realizar liberar controladores biológicos como chinches (*Podisus* sp.), avispidas del género *Telenomus*, *Trichogramma*, Crizopas, moscas parásitas y otros.

Cuando hay ataque de esta plaga, lo primero es realizar una evaluación de daños. Si es focalizado, y con el fin de eliminar larvas, debemos aplicar –únicamente a las plantas que presentan daños–, sustancias líquidas elaboradas a base de productos vegetales como el rocoto, agave, neem o aplicar baculovirus en el cogollo de las plantas. Si el ataque es fuerte es oportuno aplicar insecticidas recomendados; en la primera etapa insecticidas líquidos y, cuando esté formado el cogollo, insecticidas granulados en dosis comerciales especificadas en los envases.



Figura 34. Cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith): larva y daño en maíz morado (superior); adulto (inferior).

Gusano mazorquero (*Helicoverpa zea* B.). Las polillas (adultos) ponen huevos en las barbas del choclo tan pronto aparecen. Las larvas se alimentan de los pistilos, luego ingresan hasta la punta de la mazorca donde se alimenta del grano lechoso. Al completar su desarrollo, la larva abandona la mazorca perforando las brácteas, realizando orificios por donde ingresa la mosca *Euxesta* sp. y el agua de lluvia causando pudrición en la mazorca.

Para la captura de adultos se recomienda el uso de trampas de luz oscura y de lavatorios con agua más detergente en noches con luna. El control biológico natural de larvas, se realiza mediante la liberación de avispitas del género *Trichogramma* que parasitan los huevos; asimismo, con la aplicación de 3 gotas de aceite comestible vegetal sobre los pelos o barbas de cada choclo cuando estos han alcanzado el estado de pincel. La aplicación de aceite se hace en tres fechas: la primera, cuando han emergido los pelos en el 30 % de choclos; la segunda, 8 días después, cuando han salido el otro 30%; y, la tercera, 8 días después de la segunda aplicación a todos los choclos faltantes.

Por el hábito de las larvas, la efectividad del control químico es muy relativo; se requiere, por lo menos, tres aplicaciones dirigidas para tener éxito.



Figura 35. Larva y daño de *Helicoverpa zea* B., en el maíz morado.



Figura 36. Control del gusano mazorquero (*Helicoverpa zea* B.) con aceite, en maíz morado.

Mosca *Euxesta* spp. Proviene de una mosca pequeña de color plomo oscuro. Los daños son producidos por las larvas de la mosca.

En un inicio las larvas se alimentan de los estigmas (pelos o barbas) de la inflorescencia femenina y, posteriormente, de granos en estado semi pastoso o pastoso. Cuando las larvas ingresan al choclo, producen pudrición blanda de olor desagradable (fétido). Las larvas también pueden ingresar al choclo por el orificio de salida realizado por el gusano mazorquero, ocasionando la destrucción de los granos; este daño se inicia en la parte superior, pudiendo llegar a afectar a toda la mazorca, inclusive la tusa o coronta. La larva se transforma en pupa en un capullo de color café, desde donde emerge como una nueva mosca.



Figura 37. Mosca *Euxesta* spp. (D.R. Carlos Reyes).

Daño de aves

Huanchacos (*Pezites militaris bellicosa* Filippi.). Es una plaga que incide fuertemente en la germinación y en el estado de grano lechoso. Favorece la incidencia de otras plagas como el “gorgojo” (*Pagiocerus frontales* Fabr.) y la pudrición de mazorca.



Figura 38. Mazorcas de maíz morado INIA 601 atacadas por aves.

Insectos de almacén

Las plagas de almacén ocasionan pérdidas en rendimiento de grano y mazorcas; además de la disminución del valor comercial, pérdidas de calidad en el grano y de su valor nutritivo. Todo esto conlleva a la reducción de los ingresos del agricultor y su familia y pone en riesgo su seguridad alimentaria. Entre estas plagas podemos conside-

rar al gorgojo del grano (*Pagiocerus frontalis* Fabr.) y polillas de las especies *Sitophilus orizae* Linnaeus, *Calandra granaria* Linnaeus y *Pyroderces rileyi* Walsingham.

Gorgojo del grano (*Pagiocerus frontalis* Fabr.). Por lo general, el ataque se presenta en los valles interandinos con altitudes menores a 3 300 m s.n.m. Para su control se recomienda –antes y durante la cosecha, y en el secado– separar y tratar las mazorcas con granos atacados por gorgojo; durante el desgrane eliminar los granos afectados.

Para conservar pequeñas cantidades de semilla, debemos mezclarlas con arena fina o ceniza; esto dificulta el desplazamiento del gorgojo y el ataque a otros granos.

En mayores volúmenes, el control se efectúa aplicando sustancias químicas –preferentemente gasificantes en dosis comerciales recomendadas–, en los granos y semillas dentro de ambientes, silos metálicos o depósitos de plástico o metálicos (cilindros) herméticamente cerrados.



Figura 39. Mazorcas y granos de maíz morado, atacados por gorgojos de maíz (*Pagiocerus frontalis* Fabr.).

Para conservar pequeñas cantidades de semilla, debemos mezclarlas con arena fina o ceniza; esto dificulta el desplazamiento del gorgojo y el ataque a otros granos.

El gorgojo produce daño en estado de larva y siendo adulto. Las larvas se transforman en pupas dentro del grano. El insecto en estado adulto es un volador activo.

Los adultos perforan el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman galerías en el endospermo para alimentarse. El grano puede ser destruido completamente, convirtiéndose en harina.

El mayor daño del gorgojo al grano de maíz es en almacén. Sin embargo, también puede ocasionar daño en campo, principalmente cuando la cosecha se realiza después que el grano alcanza la madurez fisiológica. Si no se tiene cuidado, las mazorcas infestadas con el insecto pueden pasar al almacén y ocasionar pérdidas considerables si no se monitorea.

Para controlar este insecto debemos aplicar fumigantes sólidos a base de fosfamina, utilizando preferentemente envases herméticos de plástico o metal; así evitaremos pérdidas del producto por volatilización, y lograremos una mejor eficiencia. La aplicación de este producto no perjudica la calidad ni el sabor del maíz tratado.

Cuando el maíz va a ser utilizado para semilla se puede aplicar insecticidas en dosis comerciales a base de fosfamina y de Chlorpyrifos.

Insectos transmisores de enfermedades

Dalbulus maidis (Delong & Walcott). La hembra deposita sus huevos en la nervadura central de las hojas (14%) y el tallo (2%) de las plántulas de maíz. La ninfa es de color amarillento y pasa por cinco fases antes de convertirse en adultos. En estado adulto es una cigarrita de 3 a 4 mm de largo de color amarillo pálido.

Se alimenta de hojas de maíz; sin embargo, el daño más importante es el que causa como vector tanto de Virus del Rayado Fino del maíz y Mollicutes, como de Espiroplasma del enanismo del maíz (*Spiroplasma kunkeli*: Corn Stunt Spiroplasma: CSS) y Fitoplasma del Enanismo arbustivo del maíz.

Cuando el virus se transmite en los primeros estadios de la planta, la producción en campo puede ser disminuida hasta el 100%.



Figura 40. Adulto de *Dalbulus maidis* de Long & Wolcott (D.R. Nigel Cattlin); y enfermedad (Virus del Rayado Fino), que trasmite en el cultivo de maíz.

Conocida también como chicharrita o lorito, son pequeños insectos picadores chupadores que se vienen convirtiendo en una plaga importante en nuestro país; principalmente en los valles interandinos, causando daño en los maíces amiláceos.

9.3. Manejo integrado de enfermedades

9.3.1. Principales enfermedades del maíz

En la mayor parte de la sierra –sobre todo en años normales y cuando la siembra se realiza en época oportuna–, el ataque de las enfermedades foliares fungosas más comunes causadas por hongos de los géneros *Helminthosporium* (tizón foliar), *Ustilago maydis* (carbón) y *Puccinia* (roya), no tienen repercusión económica: por lo mismo, no se efectúa control alguno. El mayor problema por la susceptibilidad de las variedades es la pudrición de mazorca, cuya intensidad de daño depende de las condiciones ambientales.

En lugares donde se práctica el monocultivo –y con la finalidad de disminuir el ataque de enfermedades e insectos plaga–, se recomienda realizar la cosecha oportuna; de esta manera las hojas secas con enfermedades no se desintegrarán y caerán en el campo. Concluida la cosecha debemos realizar el barbecho del terreno con el propósito de incorporar rastrojos, romper el ciclo de los patógenos causantes de las enfermedades y de los insectos plaga, así como oxigenar mejor el suelo.

El principal problema del maíz morado son las pudriciones de mazorca causadas por hongos, especialmente de los géneros *Fusarium* (*Fusarium moniliforme* Sh, *Fusarium graminearum* Dirceu Gassen) y *Penicillium*, además de *Diplodia*. El porcentaje de daños depende de las condiciones ambientales; en años más lluviosos se presenta mayor cantidad de mazorcas con pudrición.



Figura 41. Pudrición y germinación prematura en mazorcas de maíz morado.

Para evitar su diseminación se recomienda que –durante el despancado o deshojado – no se dejen mazorcas enfermas en el campo; deben secarse en espacios alejados de las mazorcas sanas. Las más podridas y los granos enfermos obtenidos durante el desgrane deben ser quemados o enterrados en hoyos profundos.

El hongo *Fusarium* produce micotoxinas denominadas fumonisinas, que son tóxicas para humanos y animales, pues bajan las defensas. Los hongos de los géneros *Diplodia* y *Pennicillium*, también producen micotoxinas tóxicas para aves y humanos, por lo que no se recomienda el consumo de mazorcas y granos con estos hongos.

**El mayor problema por la
susceptibilidad de las variedades
es la pudrición de mazorca, cuya
intensidad de daño depende de las
condiciones ambientales.**



Figura 42. Síntomas de daño por *Diplodia maydis* Berk.



Figura 43. Daño por *Fusarium moniliforme* Sh., en mazorcas de maíz morado.

Carbón Común (*Ustilago maydis* Persoon). Es causado por el hongo *Ustilago maydis*. En años con menor precipitación pluvial y durante la floración, aumenta el porcentaje de plantas con mazorcas y tallos atacados por esta enfermedad. Sin embargo, la variedad INIA 601 no es susceptible al ataque del Carbón común del maíz.

Se recomienda eliminar las plantas atacadas, antes de que los órganos afectados presenten agallas con esporas negras. Si se llega a este estado de ataque, debemos cortar y enterrar las plantas en hoyos profundos.

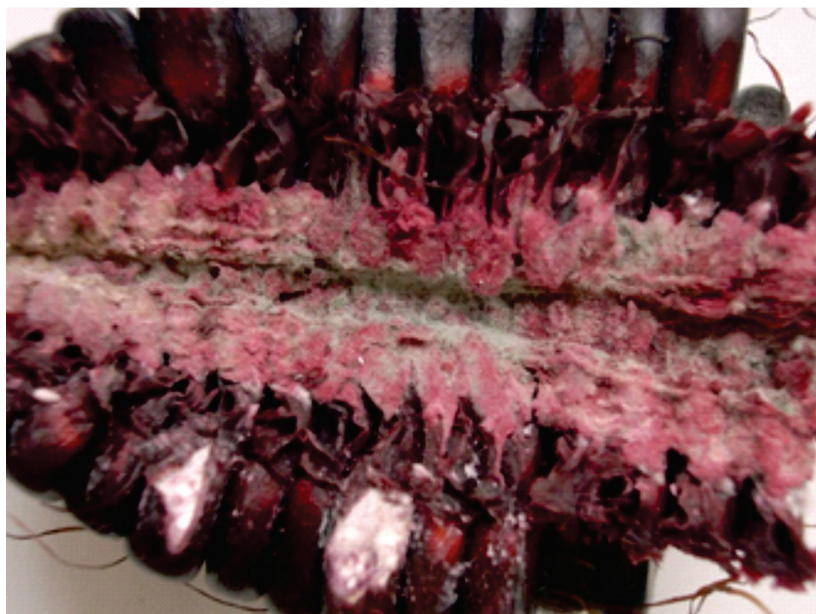


Figura 44. Daño de *Pennicillium* spp. en mazorca de maíz morado.

**El mayor problema por la
susceptibilidad de las variedades
es la pudrición de mazorca, cuya
intensidad de daño depende de las
condiciones ambientales.**



Figura 45. Mazorca y tallo, con presencia de carbón común.

El puca poncho (*Spiroplasma kunkeli* James Turner). El agente causal es el complejo spiroplasma-fitoplasma, denominado mollicute. Es transmitido por cigarritas de la especie *Dalbulus maidis* que atacan en las primeras etapas del cultivo y transfiriendo, además, el virus del rayado fino. Se presenta en zonas templadas, muchas veces en cultivos de siembras tempranas. Si no se realiza el control de las cigarritas, el daño es muy severo: las plantas no producen mazorcas y la chala no es aceptada como alimento por el ganado.

Una alternativa para su control es realizar tratamiento de la semilla antes de la siembra. Esto se debe hacer con insecticida a base de neonicotinoides, Imidacloprid o Thiamethoxam, o su combinación, y dos aplicaciones de insecticidas en dosis comerciales: una cuando la planta tiene entre 15 y 20 cm con insecticida sistémico a base de

Oxidemetón-metilo, y la segunda 10 a 15 días después con insecticida de contacto a base de Carbaril.

Cuando las plantas manifiestan síntomas de manchas rojizas o amarillentas en las hojas –formación de mazorcas en cada nudo–, el mal ya está avanzado y no se puede hacer control alguno.

En cuanto al achaparramiento, se presenta como síntomas típicos en caso de espiroplasma con presencia de franjas blanquecinas en la base de las hojas próximas a la inserción con el tallo, que se prolongan hacia el ápice.

En general, las plantas presentan enanismo: entrenudos cortos, y nula producción de granos. Si la infección ocurre antes de la floración, la planta con frecuencia no produce granos en la mazorca y, cuando hay producción de granos, no tiene buen llenado; las mazorcas presentan granos flojos, pequeños, descoloridos o manchados. En caso de fitoplasma, los síntomas foliares típicos se presentan como enrojecimiento de los márgenes de la hoja, pudiendo luego cubrirla totalmente.

Para el control de esta enfermedad –causada por *Fitoplasma* y *Espiroplasma*–, el uso de variedades tolerantes y la siembra temprana (escape del insecto vector) son las mejores alternativas. Con esto se garantiza una mejor producción de mazorcas; sin embargo, por la siembra continua de maíz, se tiene la superposición de los ciclos de vida del insecto.

**Si no se realiza el control de las
cigarritas, el daño es muy severo: las
plantas no producen mazorcas y la
chala no es aceptada como alimento
por el ganado.**



Figura 46. Síntomas del complejo Fitoplasma-Espiroplasma, amarillamiento, enrojecimiento y proliferación de mazorcas. (D.R. Flickr: [bit.ly/3KsSRmc](https://www.flickr.com/photos/3KsSRmc/)).

9.4. Manejo integrado de malezas

El cultivo debe mantenerse libre de malezas, sobre todo los primeros 60 días, lapso donde se define el tamaño y número de mazorcas, así como el número de granos por hilera y mazorca. Esta labor debe realizarse oportunamente, así se evitará pérdidas de rendimiento por competencia, luz, humedad y nutrientes. El control se efectúa en forma manual utilizando segadera, lampas o azadones, o aplicando herbicidas específicos en dosis comercial.

Al realizar los aporques también se eliminan las malezas. Hasta el momento de la cosecha se debe realizar, por lo menos, dos deshierbos complementarios.

10. Cosecha

A close-up, vertical shot of a corn cob, showing the rows of kernels. The kernels are a deep purple color, and the cob itself is a lighter, yellowish-tan. The lighting is soft, highlighting the texture of the kernels. The background is a solid, dark purple color.

Se debe tener especial cuidado con la aplicación de pesticidas para el control del gorgojo y polillas que atacan al grano; pues las mazorcas son empleadas en la elaboración de productos de consumo humano.

10.1. Época y método de cosecha

El maíz morado debe ser cosechado de acuerdo a su uso:

- **Cosecha en madurez fisiológica.** Los granos pasan del estado lechoso a pastoso y, finalmente, a duro. A partir de ese momento se inicia el secado de la mazorca y grano. Los pigmentos de color morado o antocianinas se concentran y estabilizan en la tusa o coronta y en la panca o bráctea; esto permite que las mazorcas estén listas para ser cosechadas, pues los granos presentan aproximadamente 30% de humedad. Si la cosecha no se realiza de manera oportuna, los granos estarán expuestos a la pérdida de calidad por infestación de gorgojos (*Pagiocerus frontalis* Fab.); sin embargo, la presencia de lluvias en esta etapa produce la germinación prematura de los granos y pudrición de las mazorcas. En la sierra norte –sobre todo en la región Cajamarca donde se inicia la industrialización del maíz morado–, se cosechan las mazorcas dejando las plantas en pie; luego son llevadas a un ambiente bajo sombra y aireado donde son almacenadas. En estas condiciones el grano puede ser utilizado como semilla.



Figura 47. Cosecha de maíz morado.

Las mazorcas cosechadas deben ser colocadas en una manta para evitar el contacto con el suelo; las sanas separadas de las que presentan daños por plagas –insectos, aves, roedores y enfermedades– y llevadas por separado para su secado.



Figura 48. Producto cosechado: mazorca y brácteas de la variedad de maíz morado INIA 601.

10.2. Manejo post cosecha

Secado

Durante el despamado, se seleccionan las mazorcas y secan —sin exponerlas a los rayos solares—, utilizando secadores contruidos a base de madera con tarimas, o sobre mantas. Las mazorcas con ataque de insectos, roedores y aves, deben cosecharse primero, así se puede evitar la posibilidad de contagio y ataque de gorgojos en el secadero. Las mazorcas podridas a causa de enfermedades deben secarse en espacios alejados de las mazorcas sanas.

El secado permite conservar la calidad de los granos y evita su manchado que es el inicio del ataque de hongos; asimismo, facilita un buen desgrane. Hasta que los granos alcancen $\pm 14\%$ de humedad, el secado natural dura de 30 a 45 días. Para acelerar el secado, las mazorcas deben voltearse por lo menos 3 veces con gran cuidado, evitando el desgrane.



Figura 49. Secado del grano y bráctea del maíz morado INIA 601.

Desgrane

La mazorca de maíz morado se desgrana en forma manual luego de la cosecha y con el fin de comercializar la tusa (conservar el color); o cuando los granos contienen $\pm 14\%$ de humedad, teniendo cuidado de lograr granos íntegros y sanos.

Para una comercialización adecuada, se debe desgranar por tamaños en diferentes envases, agrupándolos en granos pequeños, medianos y grandes; o de acuerdo con el requerimiento de los comerciantes, separando siempre granos manchados y podridos.

Si se desgrana para semilla, los granos deben estar sanos; las mazorcas típicas de la variedad deben tener un tamaño uniforme.



Figura 50. Desgrane manual separando según el tamaño y el manchado.

**Para una comercialización adecuada,
se debe desgranar por tamaños en
diferentes envases, separando siempre
granos manchados y podridos.**

Clasificación

La semilla se clasifica en tres clases: primera, segunda y tercera. Algunas empresas prefieren comprar grano limpio, libre de impurezas, sin granos partidos ni de tamaño menor a la tercera clase.

En el caso de maíz morado, la clasificación se hace en base a la coloración de la tusa. Después del desgrane, las tusas que no poseen el color oscuro –indicador de alto contenido de antocianinas–, son descartadas.



Figura 51. Mazorcas seleccionadas de la variedad de maíz morado INIA 601.

10.3. Almacenamiento

La semilla –el grano comercial–, la coronta entera o picada y la bráctea, son envasados en bolsas de polipropileno para su almacenamiento.

El almacén debe ser un ambiente seguro, limpio, seco, libre de insectos (gorgojos), hongos, ácaros, roedores (ratones y ratas) y aves; debe tener buena ventilación, con baja temperatura promedio de 10°C y de 50 a 60% de humedad relativa. En este lugar se debe tener mucho cuidado con la aplicación de insecticidas para el control de plagas –insectos, ácaros, hongos, etc.–, pues lo almacenado va a ser utilizado en la elaboración de productos para consumo humano.



Figura 52. Secado de coronta picada y coronta empacada del maíz morado INIA 601 para su comercialización.

Si se observa ataque de gorgojos en los granos para almacenar, debemos efectuar el tratamiento adecuado en ambientes, silos o depósitos herméticamente cerrados; para este procedimiento utilizaremos insecticidas en tabletas gasificantes o en

polvo, aplicados adecuadamente en dosis comerciales. Al almacén deben ingresar granos sanos libre de enfermedades e insectos plaga.

Una vez que las mazorcas estén secas –cuando el grano tiene menos de 14% de humedad–, están listas para su comercialización o almacenaje. Se debe tener especial cuidado con la aplicación de pesticidas para el control del gorgojo (*Pagiocerus frontalis*) y polillas (*Sitophilus orizae*, *Calandra granaria* y *Pyroderces rileyi*) que atacan al grano; pues las mazorcas son empleadas en la elaboración de productos de consumo humano.

**En el almacén se debe tener mucho
cuidado con la aplicación de
insecticidas para el control de plagas,
pues lo almacenado va a ser utilizado
en la elaboración de productos para
consumo humano.**

10.4. Comercialización

Para la comercialización de semilla, se debe utilizar envases confeccionados con material adecuado: papel o polipropileno, con un peso no mayor a 50 kg, y adecuados a la cantidad utilizada por hectárea; para grano comercial, utilizar envases de polipropileno con capacidad máxima de 70 kg.

El maíz morado es valorado por su alto contenido de antocianinas, sobre todo en la tusa. En el mercado nacional, la comercialización se realiza mayormente en mazorcas; en la sierra norte se ha iniciado un proceso de mercadeo especial: tusas y pancas secas y picadas. En Cajamarca, el precio de 1 kg de mazorca en chacra fluctúa entre 0,8 y 1,0 soles, y el precio promedio de 1 kg de mazorca en tienda es de 5,0 soles.



Figura 53. Corontas y brácteas secas picadas de la variedad de maíz morado INIA 601.

El maíz morado contiene mayor cantidad de antocianinas en la tusa; la variedad INIA 601 en la tusa y en las brácteas. Las mazorcas con tusa de color morado intenso son las preferidas por los intermediarios y amas de casas.

Las exportaciones de maíz morado y sus derivados vienen experimentando un ascenso en los últimos años. Los países que más compran maíz morado son Estados Unidos (64,8 %) y Japón (31,4 %), tanto por su valor nutricional como por la alta concentración de residentes peruanos. La forma de presentación para el mercado de exportación es en mazorca entera, grano, tusa o coronta, tusa molida y extracto-Antocianinas de maíz morado.

Para que los agricultores puedan tener mayores ingresos en forma sostenible, una opción es la exportación; para lo cual el producto debe presentarse adecuadamente y considerando lo estipulado en la Norma Técnica Peruana NTP 011.601, del 2016:

Requisitos generales, Requisitos Sensoriales, Requisitos Fisico-químicos, Requisitos Microbiológicos y Requisitos de sanidad.

Para exportar debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Maíz morado seco en mazorcas, con 12 a 14 % de humedad, libre de enfermedades, limpio y debidamente envasado.
- Coronta o tusa seca con 12 a 14 % de humedad; limpia, sana y debidamente envasada. Dependiendo de la variedad, las tusas representan el 16 a 20 % del rendimiento de las mazorcas. Utilizando semilla mejorada y buen manejo agronómico, se obtiene de 1 200 a 1 600 kg/ha de coronta o tusa húmeda. El precio de tusa en el mercado de exportación, en 2016, estuvo en promedio a 3,24 de dólar por kg; esto significa que se puede obtener ingresos de 3 500 a 5 000 dólares por hectárea por la venta de tusas de maíz morado.
- Las tusas y pancas secas y seleccionadas por su coloración oscura, picadas y embolsadas para su comercialización, es otra forma de presentación que los agricultores deben implementar en forma organizada para obtener mejores ingresos económicos.

Las partidas arancelarias del producto exportado son las siguientes:

Tabla 10. Partidas arancelarias del maíz morado y productos derivados.

Partida	Descripción de la partida	FOB-2018	Variación 2018-2017
3203001600	Materias colorantes de maíz morado (Antocianina)	1'732,031	44%
1005904000	Morado (<i>Zea mays</i> amylacea cv Morado)	1'299,293	1%



Figura 54. De izquierda a derecha, diferencia en el color de las pancas de variedades de maíz morado INIA 601, Canteño y PM 581.



Figura 55. Mazorcas sin y con brácteas y coronta de maíz morado INIA 601.



Figura 56. Mazorcas de maíz morado INIA 601.



Figura 57. Coronta fresca picada de maíz morado INIA 601.

11. Costos

A close-up, vertical shot of a corn cob, showing rows of plump, purple kernels. The kernels have a glossy sheen, reflecting light. The background is a solid, deep purple color, creating a monochromatic effect.

**Para obtener un kilogramo de
coronta seca picada se necesita
2.7 kg de coronta fresca; para
obtener 2.7 kg de coronta fresca
se necesita 10 kg de mazorca
fresca.**

Los costos de producción varían de acuerdo a la variedad y a la tecnología utilizada. Si es un semillero varían de acuerdo a la categoría de semilla.

Tabla 11. Costo de producción comercial de maíz morado INIA 601.

Costo de produccion comercial de Maíz Morado INIA 601 por hectárea

CULTIVO: MAÍZ INIA 601
REGION NATURAL: SIERRA NORTE
CAMPAÑA AGRÍCOLA: 2019-2020
FECHA DE PRESUPUESTO: ABRIL 2020
FERTILIZACIÓN: 130-60-30

NIVEL TECNOLÓGICO: ALTO
EPOCA DE SIEMBRA: OCTUBRE A DICIEMBRE
CATEGORIA DE SEMILLA UTILIZADA: CERTIFICADA
SISTEMA DE SIEMBRA: POR GOLPE
TIPO DE RIEGO: POR GRAVEDAD (PRECIPITACIONES)

BIENES Y SERVICIOS	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUB TOTAL	TOTAL
A. MANO DE OBRA					
Preparación de terreno					
Siembra					
Labor de siembra	Jornales	10	40.00	400.00	400.00
1era. Aplicación fertilizantes	Jornales	2	40.00	80.00	80.00
Labores culturales					
Aplicación de herbicida	Jornales	3	40.00	120.00	120.00
Huanchaqueo	Jornales	30	40.00	1200.00	1200.00
Desahije	Jornales	2	40.00	80.00	80.00
Control fitosanitario (plagas)	Jornales	15	40.00	600.00	600.00
Aporque	Jornales	18	40.00	720.00	720.00
2da. Aplicación fertilizantes	Jornales	2	40.00	80.00	80.00
Cosecha					
Despanque y acarreo	Jornales	20	40.00	800.00	800.00
Selección desgrane	Jornales	25	40.00	1000.00	1000.00
Secado y embalaje	Jornales	4	40.00	160.00	160.00
		131		5 240.00	5 240.00
B. MAQUINARIA					
Arado y cruza	Horas/tractor	8	80.00	640.00	640.00
Surcado (yuntas)	Unidad	4	80.00	320.00	960.00
				960.00	960.00
C. INSUMOS					
Semilla	Kg	35	10.00	350.00	
Fertilizantes				0.00	
Urea	Kg	288	1.70	489.60	
Superfosfato triple	Kg	133	2.20	292.60	
Cloruro de potasio	Kg	67	2.06	138.02	
				1 270.22	1 270.22
Pesticidas y otros					
Herbicida: Gesaprim	Kg	4	80.00	320.00	
Insecticida: Lorzban	Kg.	0.02	16.00	0.32	
Aceite comestible	Litros	6	6.00	36.00	
Sacos de yute	Unidad	30	2.00	60.00	
Sacos de polietileno	Unidad	20	1.00	20.00	
Insecticida: Dipterex	Kg	8	6.00	48.00	
(Granolate)		2	14.00	28.00	
Gasolina	Galones	0.25	20.00	5.00	
Aceite 40	Galón	2	3.50	7.00	
Aceite 2T	Cojín			524.32	524.32
TOTAL					7 994.54

ANÁLISIS RENTABILIDAD			
RENDIMIENTO BRUTO	kg/ha	S/ x kg	MONTO
MAÍZ GRANO			
CORONTA SECA PICADA	2 500	2	5000.00
BRÁCTEA SECA PICADA	500	20	10 000.00
UTILIDAD BRUTA	200	20	4 000.00
COSTO DE PRODUCCIÓN			19 000.00
UTILIDAD NETA			7994.54
RENTABILIDAD	1.38		11 005.46

Por cada sol invertido recupera su sol y 1.38 soles.

Tabla 12. Costo de producción y de procesamiento según la experiencia de la Asociación de Productores Agropecuarios SHICOMUMI Ichocán - APASI de Maíz Morado INIA 601.

COSTOS DE PRODUCCIÓN PROMEDIO/ha DE MAÍZ MORADO
ICHOCÁN - PARTE ALTA

PRODUCCIÓN EN FRESCO			
ACTIVIDAD		COSTO (S/)	
INSUMOS	SEMILLA	300	
	ABONOS	1 300	
LABORES CULTURALES		1 500	
COTROL FITOSANITARIO		200	
COSECHA		700	
TOTAL		4 000	EN FRESCO 4 000
RENDIMIENTO PROMEDIO (kg)		5 800	
COSTO DE PRODUCCIÓN/kg (S/)		1.45	
PRODUCCIÓN EN FRESCO			PROCESADO
POST COSECHA (COSTO/Kg)		(S/)	Por ha
SELECCIÓN		0.10	580
DESGRANE		0.20	1 160
PICADO		0.35	600
SECADO		0.20	300
EMPACADO		0.15	150
ENVÍO		0.50	250
TOTAL		1.50	3 040
RENDIMIENTO DE CORONTA SECA (Kg)		500	GASTO TOTAL 7 040

La mano de obra familiar se ha considerado dentro del cálculo de estos costos.

- Para obtener un kilogramo de coronta seca picada se necesita 2.7 kg de coronta fresca.
- Para obtener 2.7 kg de coronta fresca se necesita 10 kg de mazorca fresca.

Productos obtenidos/ha :

- Coronta seca picada (500 kg)		10 000
- Bráctea seca picada (200 kg)		4 000
- Grano seco (2 500 kg)		5 000
		19 000
		11 960

Tabla 13. Análisis de la Comparación de Maíz Morado convencional vs INIA 601.

ANALISIS DE COMPARACIÓN DE MAÍZ MORADO CONVENCIONAL VS. INIA 601
(10 de abril de 2020)

Característica	Maíz morado convencional	Maíz morado mejorado INIA 601
Peso de coronta (tusa) por hectárea	500.0 kg	500.0 kg
Porcentaje de antocianina promedio en coronta	1%	2%
Porcentaje de merma por descarte	40%	1%
Cantidad de merma por hectárea	200 kg	5 kg
Cantidad neta de coronta por hectárea	300 kg	495 kg
Contenido de antocianinas total en coronta por hectárea	3.0 kg	9.90 kg
Peso de panca (brácteas) coloreadas útiles por hectárea	-	200.00 kg
Porcentaje de antocianina en panca	-	1.30%
Contenido de antocianinas de pancas por hectárea	0.0	2.6 kg
Total, sumatoria de antocianinas de la coronta más las pancas coloreadas por hectárea	3.0 kg	12.5 kg

317% mejora en el contenido de antocianinas.

12. Aportes del INIA para el desarrollo del Maíz Morado





El INIA ha desarrollado y ha puesto a disposición de los productores dos variedades de maíz morado: (i) INIA 601, (ii) INIA 615 - Negro Canaán.

El año 2000 ha liberado la variedad de maíz morado INIA 601 con amplia adaptación a los valles interandinos de la sierra norte, entre los 2 400 y 2 900 m s. n. m.

Variedad de maíz morado INIA 601

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Altura de planta (cm)	:	216
Altura de mazorca (cm)	:	124
Forma de la mazorca	:	Cilindro cónica
Color de grano	:	Morado intenso
Color de la tusa	:	Morado
Número de hileras	:	10 a 12
Número granos/hilera	:	26
Tipo de grano	:	Amiláceo
Peso promedio de 1000 granos (g)	:	456.2
Porcentaje de desgrane (%)	:	78
Número de mazorcas por planta	:	1 a 2 (1.5)
Color de brácteas	:	Morado
Longitud de la mazorca (cm)	:	17.5
Diámetro de mazorca (cm)	:	4.6

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Días al 50% de floración femenina	:	98
Días a la maduración	:	170
Ciclo Vegetativo	:	Intermedio
Rendimiento potencial	:	hasta 10.0 t/ha
Rendimiento comercial	:	hasta 6.0 t/ha



Figura 58. Mazorcas con bráctea y parcialmente con bráctea de la variedad de maíz morado INIA 601.

El año 2 007 ha liberado la variedad de maíz morado INIA 615-Negro Canaán con amplia adaptación a los valles interandinos de la sierra centro y sur del país entre los 2 000 y 3 000 m s. n. m. y también en la costa central y sur.

Variedad de maíz morado INIA 615 – Negro Canaán

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

Altura de planta (cm)	:	228 + 30
Altura de mazorca (cm)	:	125 + 18
Forma de la mazorca	:	Cilíndrica
Color de grano	:	Negro
Color de la tusa	:	Morado oscuro
Número de hileras	:	10 a 12
Número granos/hilera	:	30 a 34
Tipo de grano	:	Amiláceo
Peso promedio de 1000 granos (g)	:	569
Porcentaje de desgrane (%)	:	80
Color de la hoja	:	Verde oscuro
Color del tallo	:	Verde claro con jaspes púrpura
Color de los estigmas	:	Amarillo
Color de la panoja	:	Púrpura claro
Color de la hoja	:	Verde oscuro

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

Días al 50% de floración femenina	:	84 a 92
Días a la maduración	:	150 a 170
Ciclo Vegetativo	:	Intermedio
Rendimiento potencial	:	hasta 9.6 t/ha
Rendimiento comercial	:	hasta 7.8 t/ha



Figura 59. Mazorcas de la variedad de Maíz Morado
INIA 615-Negro Canaán.



12. Glosario

- **Achaparramiento:** o corn stunt disease (enfermedad del enanismo del maíz), es una enfermedad endémica transmitida por un vector; afecta la fisiología, nutrición y desarrollo de la planta de maíz.
- **Antioxidante:** sustancia natural o fabricada que puede prevenir o retrasar daños en las células; se encuentran en el maíz morado.
- **Antocianina:** pigmento hidrosoluble que está en la vacuola de la célula vegetal. Da el color característico al maíz morado.
- **Barbecho:** técnica agrícola por la cual la tierra de cultivo se deja sin sembrar uno o varios ciclos vegetativos.
- **Carbaril:** compuesto químico empleado como plaguicida, comercializado como Sevin, perteneciente a la compañía Bayer.
- **Carbohidratos:** moléculas de azúcar. Asimismo, nutrientes que se encuentran en alimentos y bebidas.
- **Cariópse:** cariopse o grano, es un tipo de fruto simple formado a partir de un único carpelo, seco e indehisciente.
- **Célula:** del latín cellula, diminutivo de cella, 'celda'. Unidad morfológica y funcional de todo ser vivo.
- **Compost:** materiales de origen orgánico, los cuales son sometidos a un proceso biológico controlado de oxidación denominado compostaje.
- **Control de plagas:** diferentes tipos de medidas que tienen como objetivo regular una especie determinada.
- **Crecimiento:** aumento en el número de células de un organismo, lo provoca el aumento de tamaño. Es medible y cuantificable.
- **Choclo:** maíz tierno utilizado para preparar diferentes platos.
- **Desarrollo:** conjunto de cambios que se producen en la planta desde la germinación hasta el estado adulto. Indica una transformación o evolución.
- **Despancado:** separar la panca de la mazorca del maíz.
- **Ecosistema:** sistema biológico constituido por una comunidad de seres vivos y el medio natural en que viven.

- **Embrión:** ser vivo en las primeras etapas de su desarrollo, desde la fecundación, hasta que el organismo adquiere las características morfológicas de la especie.
 - **Endospermo:** tejido que tiene la función de acumular reservas seminales, o sustancias nutritivas para el embrión.
 - **Espiroplasma:** grupo de pequeñas bacterias sin paredes celulares.
 - **Estigma:** parte del gineceo que recibe el polen durante la polinización.
 - **Fisiología:** ciencia que se encarga de conocer y analizar las funciones de los seres vivos
 - **Fitomejoramiento:** técnica de investigación mediante la cual se cruzan distintas variedades de una misma especie vegetal con el objetivo de mejorar sus características genéticas logrando plantas más resistentes y productivas.
 - **Fitoplasma:** parásito de las plantas. Su supervivencia es posible solo en el interior de las plantas huéspedes. Los fitoplasmas son considerados formas intermedias entre las entidades virales y las bacterias.
 - **Flores estaminales:** flores que poseen las bases de sépalos, pétalos y filamentos estaminales soldados que forman un muy breve tubo floral.
 - **FOB (Free on Board):** es el valor de la mercancía puesta a bordo de un transporte marítimo o fluvial, el cual abarca tres conceptos: costo de la mercancía en el país de origen, transporte de los bienes y derechos de exportación.
 - **Fosfamina:** producto compuesto por fósforo de aluminio cubierto de parafina mezclado con carbonato amónico, usado para controlar la infestación de insectos en cosechas y productos de grano almacenados.
 - **Fotoperiodo:** conjunto de procesos de las especies vegetales mediante los cuales regulan sus funciones biológicas usando como parámetros la alternancia de los días y las noches del año y su duración según las estaciones y el ciclo solar.
-

- **Fumonisina:** toxinas naturales producidas por varias especies de hongos (mohos) del género *Fusarium*.
 - **Germen:** conjunto de células reproductoras que dan origen a un animal o a una planta.
 - **Glucosa:** es un tipo de azúcar. Es la principal fuente de energía de los seres vivos.
 - **Gorgojo:** familia de coleópteros herbívoros, la más importante y diversa de la superfamilia Curculionoidea.
 - **Humificación:** transformación de compuestos orgánicos, por medio de microorganismos, a compuestos orgánicos sin composición definida (no son aminoácidos, ni ácidos orgánicos, ni tampoco biomasa microbiana viva), y bioestable.
 - **Humus:** sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal, que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos descomponedores. Se caracteriza por su color negrozco debido a la gran cantidad de carbono que contiene.
 - **Indehiscente:** fruto que no se abre espontáneamente al llegar a la madurez para liberar las semillas.
 - **Macronutrientes:** elementos que las plantas necesitan en pequeñas cantidades: nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y fósforo.
 - **Madurez fisiológica:** paso intermedio entre el fin del crecimiento y el inicio del envejecimiento de las células
 - **Maleza:** cualquier planta que crece de forma silvestre en una zona cultivada o controlada por el ser humano como cultivos agrícolas o jardines.
 - **Marlo:** Mazorca de maíz a la que se le han quitado los granos.
 - **Melaza:** residuos de la cristalización final del azúcar, de los cuales no se puede obtener más azúcar por métodos físicos. También es llamada mieles finales, miel de caña, miel negra o melaza blackstrap.
-

- **Mesocotilo:** estructura tubular, de color blanco y semejante a un tallo, característica del embrión de las gramíneas, que aparece a continuación del coleoptilo durante la germinación de la semilla.
 - **Micotoxinas:** compuestos tóxicos producidos de forma natural por algunos tipos de mohos.
 - **Micronutriente:** elementos que las plantas necesitan en pequeñas cantidades: hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, cloro y molibdeno.
 - **Mineralización:** proceso bioquímico mediante el cual los microorganismos del suelo, que poseen la maquinaria enzimática adecuada, obtienen la energía necesaria para realizar sus procesos metabólicos
 - **Mollicute:** grupo inusual de bacterias que se distinguen por carecer de pared celular y comúnmente son llamados micoplasmas.
 - **Monoicas:** especies en las cuales ambos sexos se presentan en una misma planta.
 - **Muestreo:** selección de un conjunto de personas o cosas que se consideran representativos del grupo al que pertenecen, con la finalidad de estudiar o determinar las características del grupo.
 - **Neem:** árbol perteneciente a la familia Meliaceae, originario de la India y de Birmania, que solo vive en regiones tropicales y subtropicales. Su aceite es un fungicida efectivo para la prevención y control de varias enfermedades producidas por hongos.
 - **Neonicotinoides:** familia de insecticidas que actúan en el sistema nervioso central de los insectos y, con menor toxicidad, en vertebrados.
 - **Nudo escutelar:** en el cual el cotiledón se inserta al tallo
 - **Nutriente:** sustancia que asegura la conservación y crecimiento de un organismo.
 - **Ovipositar:** en insectos, poner huevos.
 - **Panoja:** inflorescencia compuesta formada por un racimo cuyos ejes laterales se ramifican de nuevo en forma de racimo o a veces de espiga.
-

- **Parásito:** organismo que vive sobre un organismo huésped o en su interior y se alimenta a expensas del huésped.
 - **Patógeno:** también llamado agente patógeno, agente biológico patógeno o comúnmente conocido como germen, es cualquier microorganismo capaz de producir alguna enfermedad o daño en un huésped, sea animal o vegetal.
 - **Pedicelo:** rabillo que sostiene un capítulo o una inflorescencia unifloral y, posteriormente a su fecundación, su fruto.
 - **Pedúnculo:** tallo de una hoja, fruto o flor por el cual se une al tallo de la planta.
 - **Pericarpio:** parte del fruto que recubre su semilla y consiste en el ovario fecundado.
 - **Pistilo:** cada unidad del órgano femenino de una flor compuesta de ovario, estilo y estigma y constituye con un carpelo.
 - **Plaga:** cualquier ser vivo que resulta perjudicial para otro ser vivo, generalmente cuando este es de interés para el ser humano.
 - **Plántula:** planta en sus primeros estadios de desarrollo, desde que germina hasta que se desarrollan las primeras hojas verdaderas.
 - **Polinización Libre:** o polinización abierta, son formas naturales de polinización, es decir, que se ha dado una reproducción vegetal no-controlada por el ser humano, sino mediante los propios mecanismos de la naturaleza: por pájaros, por insectos, por el viento, etc.
 - **Polipropileno:** polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno.
 - **Predadores:** animal que caza animales de otra especie para alimentarse.
 - **Producción:** actividad que consiste en la creación de productos o servicios y, al mismo tiempo, la creación de valor.
 - **Productividad:** relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.
-

- **Producto nutracéutico:** o biocéutico, es un producto presentado como una alternativa farmacéutica que dice tener beneficios fisiológicos. Esto incluye los productos medicinales fabricados con ingredientes naturales.
 - **Radícula:** órgano en desarrollo del embrión de las plantas superiores. Es la primera parte de una plántula que emerge de la semilla durante el proceso de germinación.
 - **Raíces adventicias:** son aquellas que no provienen de la radícula del embrión, sino que se originan en cualquier otro lugar de la planta.
 - **Rastrojos:** conjunto de restos de tallos y hojas que quedan en el terreno tras cortar un cultivo.
 - **Raza:** En la biología en general, el término raza se usa para definir grupos de características hereditarias comunes
 - **Seguridad alimentaria:** disponibilidad suficiente y estable de alimentos, su acceso oportuno y su aprovechamiento biológico, de manera estable a través del tiempo.
 - **Tecnología:** suma de técnicas, habilidades, métodos y procesos utilizados en la producción de bienes o servicios o en el logro de objetivos, como la investigación científica.
-

13. Referencias bibliográficas

- Arroyo J., Raez E., Rodríguez M., Chumpitaz V., Burga J., De la Cruz W., Valencia J. 2008. Actividad antihipertensiva y antioxidante del extracto hidroalcohólico atomizado de maíz morado (*Zea mays* L.) en ratas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. Lima, v. 25, n. 2, p. 195–199.
- Castañeda B., Ibañez L., Manrique R. 2005. Estudio fitoquímico farmacológico del *Zea mays* L. amilaceae st. *Cultura*, v. 19, n. 19, p. 105–130.
- CIMMYT. 2004. Programa de Maíz del CIMMYT. Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Cuarta edición. México, D.F.: CIMMYT.
- Cuevas E., Hillebrand S., Antezana A., Winterhalter P. 2011. Soluble and bound phenolic compounds in different Bolivian purple corn (*Zea mays* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 59, n. 13, p. 7068-7074. doi: 10.1021/jf201061x
- DRAC-OIA 2019, Información Estadística, Cajamarca.
- Duangpapeng P., Lertrat K., Lomthaisong K., Scott M.P., Suriharn B. 2019. Variability in anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant capacity in the tassels of collected waxy corn germplasm. *Agroonomy* 2019, 9, 158. doi: 10.3390/agronomy9030158.
- Edmeades, G. O., J. Bolaños, A. Elings, J.M. Ribaut, M. Bänziger, M. E. Westgate. 2000. The role and regulation of the anthesis-silking interval in maize. In: M. Westgate, K. Boote, editors, *Physiology and Modeling Kernel Set in Maize*, CSSA Spec. Publ. 29. CSSA and ASA, Madison, WI. p. 43-73. doi:10.2135/cssaspecpub29.c4.
- Fernandez-Aulis F., Hernandez-Vazquez L., Aguilar-Orsorio G., Arrieta-Baez D., Navarro-Ocana A. 2019. Extraction and identification of anthocyanins in corn cob and corn husk from Cacahuacintle Maize. *Journal of Food Science*, 84: 954-962. doi:10.1111/1750-3841.14589.
- Gauch, H.J. & R. Zobel. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analysis of yield trials. *Theor. Appl. Genet.* 76, p. 1-10. doi: 10.1007/BF00288824.
-

- Gorriti A., Quispe F., Arroyo J., Córdova A., Jurado B., Santiago I., Taype E. 2009. Extracción de antocianinas de las corontas de *Zea mays* L. «maíz morado». Ciencia e Investigación, v. 12, n. 2, p. 64-74. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. doi:10.15381/ci.v12i2.3395.
- Guillén-Sánchez J., Mori-Arismendi S., Paucar-Menacho L. 2014. Características y propiedades funcionales del maíz morado (*Zea mays* L.) var. subnigroviolaceo. Scientia Agropecuaria, v. 5, p. 211 – 217. doi:10.17268/sci.agropecu.2014.04.05.
- He J., Giusti M.M. 2010. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. Annual Review of Food Science and Technology. Palo Alto, California, v. 1, p. 163-187. doi: 10.1146/annurev.food.080708.100754.
- Heras I., Alvis A., Arrazola G. 2013. Optimización del proceso de extracción de antocianinas y evaluación de la capacidad antioxidante de berenjena (*Solana melongena* L.). Información Tecnológica, v. 24, n. 5, p. 93-102. doi: doi:10.4067/S0718-07642013000500011.
- IEPARC 2016. Guía de Producción Comercial del maíz morado, Cajamarca – Perú, primera impresión Octubre 2016, 32 p.
- INACAL 2016. Norma Técnica Peruana: MAÍZ AMILÁCEO. Mazorcas de maíz morado. Requisitos, 1ª Edición, Lima – Perú, 23 p.
- INDECOPI. 2016. Maíz Morado. Comisión Nacional contra la Biopiratería. Año 2, n. 2. Dirección de Invenciones y Nuevas Tecnologías Comisión Nacional contra la Biopiratería del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
- INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA - INIA. (2020). Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- Jara C. W. 2012. Manejo del maíz amiláceo INIA 618 - Blanco Quispicanchi. Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco. Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA. 2012.
-

- Jara C. W. 2012. Variedades de maíz INIA 607 – Ch'ecche Andenes en INIA 613 – Amarillo Oro. Variedades de maíz para la seguridad alimentaria y la agroindustria. Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco. Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA. 2012.
- Jara C. W. 2014. Manejo integrado del cultivo y de las plagas del maíz. Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. 2014.
- Jing P., Giusti M.M. 2007. Effects of extraction conditions on improving the yield and quality of an anthocyanin-rich purple corn (*Zea mays* L.) color extract. *Journal Food Science*, v. 72, n. 7, p. 363–368. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00441.x.
- Jing P., Noriega V., Schwartz S.J., Giusti M.M. 2007. Effects of growing conditions on purple corn cob (*Zea mays* L.) anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 55, n. 21, p. 8625-9. doi:10.1021/jf070755q.
- Justiniano A.E. 2010. Fenología e intensidad de color en corontas del maíz morado (*Zea mays* L.) en sus diferentes estados de desarrollo en la localidad de La Molina. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Producción Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado.
- Lao F., Sigurdson G., Giusti M. 2017. Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. In: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 16, n. 2, p. 234–246. doi: 10.1111/1541-4337.12249.
- Laurentin T.H. 2017. Mejoramiento Genético de plantas, Universidad Agrícola, consultado el 15 de abril de 2020 y disponible en <https://universidadagricola.com/mejoramiento-genetico-de-plantas/>.
- Li C.Y., Kim H.W., Won S.R., Min H.K., Park K.J., Park J.Y., Ahn M.S., Rhee H.I. 2008. Corn husk as a potential source of anthocyanins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 56, n. 23, p. 11413-11416. doi: 10.1021/jf802201c.
-

- Manzano P.A. 2016. Extracción de antocianinas a partir de coronta de maíz morado (*Zea mays* L.) para el aprovechamiento de residuos agrícolas. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico - Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.
- Medina-Hoyos, A.; Narro-León, L.A.; Chávez-Cabrera, A. 2020. Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria* 11(3): 291-299. doi: 10.17268/sci.agropecu.2020.03.01.
- Medina Hoyos, A., Yoshino, M., Morita, T., & Maruyama, H. (2016). Guía de Producción Comercial de Maíz Morado. Cajamarca: Martinez Compañon Editores S.R.L.
- MINAGRI. 2019. Oficina de Información Agraria del Ministerio de Agricultura y Riego. Estadística Agraria Mensual.
- MINAM. 2018. Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. Ministerio del Ambiente. Primera edición, diciembre de 2018.
- Moreno-Loaiza O., Paz-Aliaga A. 2010. Efecto vasodilatador mediado por óxido nítrico del extracto hidroalcohólico de *Zea mays* L. (maíz morado) en anillos aórticos de rata. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, Lima, v. 27, n. 4, p. 527-31. doi: 10.1590/S1726-46342010000400006.
- Pinedo R. 2015. Niveles de fertilización en dos variedades de maíz morado (*Zea mays* L.) en la localidad de Canaán - Ayacucho. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Producción Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado.
- Sevilla R. 2020, testimonio con relación al maíz morado.
- Sheng S., Li T., Liu R.H. 2018. Corn phytochemicals and their health benefits. *Food Science and Human Wellness* 7 (2018) 185-195. doi: 10.1016/j.fshw.2018.09.003.
- SUNAT 2020. Estadísticas y Estudios. Estadísticas de comercio exterior.- Boletines 2000 al 2010. http://www.sunat.gob.pe/estad-comExt/modelo_web/boletines.html.
-



5 de mayo
Día Nacional del Maíz
Morado, Maíz Choclo
y maíces para cancha.

(Resolución Ministerial
N° 0337-2021-MIDAGRI)



Instituto Nacional de Innovación Agraria

Av. La Molina 1981, La Molina
T.: (051) 240 2100 anexo 214
www.inia.gob.pe



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

ISBN: 978-9972-44-092-2

