



Manual de producción de

MAÍZ

AMILÁCEO



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria



BICENTENARIO
PERÚ 2021



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

Manual de producción de 
MAÍZ
AMILÁCEO



MANUAL DE PRODUCCIÓN DE MAÍZ AMILÁCEO

Ministro de Desarrollo Agrario y Riego

Federico Bernardo Tenorio Calderón

Viceministro de Desarrollo de Agricultura Familiar e Infraestructura Agraria y Riego

José Alberto Muro Ventura

Viceministra de Políticas y Supervisión del Desarrollo Agrario

María Isabel Remy Simatovic

Jefe del INIA

Jorge Luis Maicelo Quintana, Ph.D.

© Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA

Proyecto 007_PI:

“Estudio de una variedad experimental de maíz amiláceo amarillo en diversos tipos de clima y suelo de la sierra norte del Perú”

Elaboración de contenido:

Teodoro Patricio Narro León, Ph.D.
Peter Chris Piña Díaz, Ing.

Revisión Técnica:

Alexander Chavez Cabrera, Ph.D.
Teófilo Wladimir Jara Calvo, M.Sc.
Abraham Villantoy Palomino, Ing.

Editado por:

Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA
Equipo Técnico de Edición y Publicaciones
Av. La Molina 1981, Lima - Perú
(51 1) 240-2100 / 240-2350
www.inia.gob.pe

Editor general:

Eliana Alviárez Gutierrez, D. Sc.

Revisión de contenido:

Paúl Lama Isminio, D.Sc.
Yuriko Sumiyo Murillo Domen, M.Sc.

Diseño y diagramación:

Abner Fernando Mio Torrejón
Luis Carlos Arévalo Mercado

Editado:

Agosto, 2020

Primera Edición:

Agosto, 2020

Impreso:

Marzo, 2021

Tiraje:

1000 ejemplares

Impreso en:

Nombre de la imprenta: PubliSer Comunicaciones S.R.L.

RUC: 20491623757

Teléfono: (076) 364061

Dirección: Jr. Arróspide de Loyola 279 - Cajamarca

E-mail: Isabel.morales@publicer.com.pe

ISBN: 978-9972-44-047-2

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-00679

Prohibida la reproducción de este libro por cualquier medio, total o parcialmente, sin permiso expreso.

Tabla de contenido



Presentación	7
1. Introducción	9
2. Importancia del maíz amiláceo	12
2.1. Situación actual	14
3. Origen y clasificación botánica	22
4. Tipos, razas y variedades de maíces amiláceos	26
4.1. Tipos	26
4.2. Razas	26
4.3. Variedades	28
5. Características morfológicas de la planta de maíz	32
5.1. La planta de maíz	32
5.2. Órganos vegetativos	33
5.2.1. Raíz	33
5.2.2. Tallo	34
5.2.3. Hojas	34
5.3. Órganos reproductivos	35
5.3.1. Flor masculina, panoja o panícula	35
5.3.2. Mazorca	36
5.3.3. Grano	37
6. Fases de desarrollo de la planta	40
6.1. Fase Vegetativa (V)	41
6.1.1. Emergencia	41
6.1.2. Aparición de las Hojas	42
6.1.3. Panoja	43
6.2. Fase Reproductiva	44
6.2.1. Floración Masculina	44
6.2.2. Floración Femenina	45
6.2.3. Grano en estado Lechoso	46
6.2.4. Granos en estado pastoso	47
6.2.5. Granos en madurez fisiológica	48



7. Variedades de polinización libre del INIA	52
7.1. Descripción de las VPL generadas en el INIA	54
7.1.1. Variedades chocleras	54
7.1.2. Variedades cancheras	56
7.1.3. Variedades especiales	59
7.2. Obtención de semilla propia de variedades de polinización libre	62
7.3. Variedades de polinización libre del INIA sembradas en la actualidad	62
8. Factores agroclimáticos y edáficos para el cultivo de maíz	66
8.1. Factores agroclimáticos	66
8.2. Suelos	70
8.2.1. Características físicas	70
8.2.2. Acidez o alcalinidad del suelo	70
9. Manejo del cultivo	76
9.1. Selección del terreno, muestreo y análisis de suelo	76
9.2. Preparación del terreno	77
9.2.1. Preparación tradicional	78
9.2.2. Preparación no convencional	80
9.3. Época de siembra	80
9.4. Semillas	81
9.4.1. Uso de semilla de calidad	81
9.4.2. Tratamiento de la semilla	81
9.5. Siembra	82
9.5.1. Siembra tradicional	82
9.5.2. Siembra semimecanizada	83
9.5.3. Siembra mecanizada	83
9.6. Número de plantas por hectárea	84
9.7. Aporque	86
9.8. Desahije	86
9.9. Riego	87
10. Fertilización	90
10.1. Macronutrientes	90
10.1.1. Nitrógeno (N)	90
10.1.2. Fósforo (P)	92
10.1.3. Potasio (K)	93
10.1.4. Azufre (S)	94
10.1.5. Calcio (Ca)	94
10.1.6. Magnesio (Mg)	94
10.2. Micronutrientes	95
10.2.1. Boro (B)	96
10.2.2. Zinc (Zn)	96

10.2.3	Cobre (Cu)	96
10.2.4	Hierro (Fe)	96
10.2.5	Manganeso (Mn)	96
10.3	Dosis y momento de aplicación	96
11.	Manejo integrado de plagas y enfermedades	102
11.1	Manejo integrado de plagas	102
11.1.1	Insectos plaga de suelo	102
11.1.2	Insectos plaga de la planta	103
11.1.3	Insectos plaga de almacén	108
11.1.4	Insectos transmisores de enfermedades	109
11.2	Manejo integrado de otras plagas	112
11.2.1	Ataque de pájaros	113
11.3	Manejo integrado de enfermedades	113
11.3.1	Pudriciones de mazorca por <i>Fusarium</i> (<i>Fusarium moniliforme</i>) y <i>Diplodia</i> (<i>Stenocarpella maydis</i>)	113
11.3.2	Pudriciones de mazorca por <i>Penicillium oxalicum</i>	115
11.3.3	Carbón común (<i>Ustilago maydis</i>)	115
11.3.4	Mancha foliar por <i>Helminthosporium turcicum</i>	116
11.3.5	Mancha foliar causada por <i>Cercospora zea-maydis</i>	117
11.3.6	Roya común del maíz (<i>Puccinia sorghi</i>)	118
11.3.7	Mancha foliar por <i>Phaeosphaeria maydis</i>	119
11.3.8	Virus del rayado fino del maíz	119
11.3.9	Puka poncho (<i>Spiroplasma kunkelii</i>)	120
11.3.10	Achaparramiento del maíz	121
11.4	Manejo integrado de malezas	122
12.	Cosecha	126
13.	Manejo de poscosecha	130
13.1	Secado	130
13.2	Desgrane	130
13.3	Clasificación	131
14.	Almacenamiento	134
15.	Comercialización	138
16.	Referencias	144



Presentación

El cultivo de maíz amiláceo (*Zea mays* L.) es importante para la seguridad alimentaria del país, ocupa un lugar importante en la lista de preferencias de granos a nivel nacional e internacional, superado sólo por la quinua y las legumbres secas, oportunidad que debe ser explotada de la manera más conveniente posible, para beneficio de los productores y de la alimentación nacional.

En cuanto a la superficie sembrada, ocupa el cuarto lugar en cultivos anuales después del arroz, la papa y el maíz amarillo duro. No obstante, no ha logrado el ansiado incremento de producción por unidad de superficie, salvo en aquellas zonas donde ha dejado de ser un cultivo enfocado a la seguridad alimentaria para convertirse en un producto con valor mercantil o comercial. Varios son los factores determinantes para que esto ocurra, desde el manejo tradicional, el uso de semilla de baja calidad hasta la alta interacción que existe entre las variedades y el lugar donde son sembradas. Lo cierto es que el maíz amiláceo se siembra en casi 200 mil hectáreas, entre 2 500 y 3 500 m s. n. m., de las cuales alrededor de 150 mil familias con bajos recursos económicos dependen de este cultivo.

Una estrategia para mejorar la productividad en los cultivos, es divulgar sus avances tecnológicos que contribuyan a mejorar su innovación. En este sentido, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) a través del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), pone a disposición de los productores, estudiantes, profesionales y técnicos agropecuarios del país el presente documento denominado “**Manual de Producción de Maíz Amiláceo**”, escrito en un lenguaje sencillo para que pueda ser utilizado con fines académicos y técnicos durante el proceso productivo del cultivo en toda la región de la sierra del Perú.

Este manual recoge información estadística y científica, como las obtenidas por investigadores del Programa Nacional de Maíz del INIA, en las cuatro Estaciones Experimentales Agrarias ubicadas estratégicamente en la sierra del país: Andenes en Cusco, Canaán en Ayacucho, Santa Ana en Junín y Baños del Inca en Cajamarca; acopiando las experiencias obtenidas desde la formación de poblaciones de amplia base genética denominadas Complejos Peruanos, en 1978, pasando por el lanzamiento de la primera variedad de polinización libre de maíz amiláceo “Choclero 101”, en marzo de 1985; la masificación del uso de aceite comestible en el control de *Helicoverpa zea*, a partir de septiembre de 1990; la liberación de “INIA 601”, primera variedad de maíz morado con alto contenido de antocianinas en tusas y pancas en marzo de 2000, hasta la inscripción oficial en el Registro de Cultivares Comerciales de la variedad “INIA 623 Cumbemaíno”, en diciembre de 2019. Los datos que en este documento se incluyen están respaldados por informes, documentos técnicos y científicos que forman parte del acervo institucional y de la historia de la investigación en maíz amiláceo que desarrolla el INIA.

Jorge Luis Maicelo Quintana, Ph.D.
Jefe del INIA



1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de importancia económica y social en todo el mundo. Se utiliza para la alimentación humana, elaboración de alimentos para aves, cerdos, vacunos, entre otros y como materia prima para elaborar un gran número de productos industriales.

En el Perú, su cultivo es realizado desde el nivel del mar hasta los 4 000 m de altura. Posee una gran variabilidad genética en cuanto a características de dureza, color, tamaño de grano, porte de la planta, área foliar, entre otros, haciendo que este cultivo sea considerado de mayor importancia.

La evolución de la producción, superficie y rendimiento del maíz amiláceo en el Perú es completamente diferente a la del maíz amarillo duro, pues este es un producto commodity. El rendimiento promedio nacional de maíz amiláceo es de solo 1.54 t ha⁻¹ (MINAGRI, 2019) el cual debe ser superado para garantizar la seguridad alimentaria de las familias que lo siembran ya que, con innovación en su manejo sobre todo en la postcosecha, podría convertirse en otro producto commodity. En el lapso de los últimos nueve años el promedio nacional de maíz amiláceo se incrementó en 54.5 % (MINAGRI, 2020), es decir, 670 kg ha⁻¹ a más. Esta tendencia abre la posibilidad de que el agricultor de la sierra peruana incremente sus ingresos por los altos precios que estos alcanzan en los mercados de la costa, cuando son comercializados como «choclo» o al intensificar la siembra de maíces especiales, como el morado. Se resalta que el término «choclo» se refiere a la mazorca tierna de maíz amiláceo y que es cocida sin desgranar. Las ventajas que tienen estos dos productos son el dulzor y sabor, así como el alto contenido de antocianina, respectivamente. Mientras el precio en chacra por tonelada del «choclo tipo Cusco» subió hasta 214 % (de S/ 560, en 2007, a S/ 1 758, en noviembre de 2019); la producción sólo lo hizo en 8 % (de 8.0 t ha⁻¹, en 2007, a 8.7 t ha⁻¹, en 2019) (MINAGRI, 2019). Esta es una oportunidad que debe ser aprovechada, al igual que la producción de maíz Chulpi, por su grano dulce para cancha; Cusco Cristalino Amarillo, por su alto contenido de almidón para harina y la elaboración de «maná». Actualmente, existe una creciente demanda nacional e internacional de productos de las razas Cusco Gigante por su tamaño de grano y calidad de «choclo».

Desde el año 2010 las exportaciones de maíz amiláceo han crecido en 121.62 %, pasando de USD 11.7 a 25.93 millones en 2018. La exportación de maíz Blanco Gigante creció de USD 4.98, en 2010, hasta 13.58 millones, en 2018; mientras tanto, la exportación de maíz dulce congelado, en el mismo periodo, pasó de USD 4.18 a 7.38 millones. La exportación de los demás maíces (excepto maíz amarillo duro, amarillo, blanco, reventón, blanco gigante y morado) también creció de USD 2.54 a 4.97 millones en el mismo periodo (SUNAT, 2020). Por otro lado, en el año 2019, las exportaciones de maíz Blanco Gigante de Cusco tuvieron una caída, pasando de 6.9 a 6.73 mil toneladas, una reducción del 7 %, lo que llevó a una reducción de la exportación de USD 13.3 a 12.3 millones y caída de precio, de USD 1.93 a 1.83 el kg, frente al año anterior. España fue el país que más importó este tipo de maíz (60 % del total con USD 7.4 millones) seguido de Japón (22 %), Estados Unidos (12 %) y China (5 %) (Agrodata Perú, 2020).

Este documento denominado «**Manual de Producción de Maíz Amiláceo**» está enfocado a orientar, dirigir y aconsejar a los productores maiceros de la sierra del país a elevar su producción mediante el uso de variedades comerciales mejoradas con alta performance, así como a incrementar el nivel de exportaciones de maíces especiales mediante la utilización de semilla de calidad y prácticas adecuadas de manejo del cultivo, como alta densidad de siembra y fertilización.



2



Importancia del maíz amiláceo

2. Importancia del maíz amiláceo

Este tipo de maíz es considerado como uno de los más antiguos y es cultivado en las partes altas de México, así como en las zonas altoandinas de Sudamérica, principalmente en Perú, Ecuador y Bolivia. El grano de estos tipos de maíces está formado casi en su totalidad por almidón de textura natural suave y ligera, pero al mismo tiempo muy susceptible al ataque de insectos (INIA, 2020).

El maíz amiláceo ocupa un lugar importante en la lista de preferencias de granos a nivel nacional e internacional, superado sólo por la quinua (*Chenopodium quinoa*) y las legumbres secas (frijoles castilla, ñuñas, pallares, tarwi o chocho, haba, garbanzo, arveja, frijol de palo y zarandaja) (Tabla 1). Esta es una oportunidad que debe ser explotada convenientemente.

La preferencia y el impacto generados por el maíz amiláceo, se pueden resumir en el incremento del rendimiento promedio, en la sierra sur, por el uso de las variedades INIA 607 Ch'ecche Andenes, INIA 613 Amarillo Oro, Blanco Urubamba e INIA 618 Blanco Quispicanchi, esta última de amplia adaptación en la sierra y costa peruana (Jara, 2012a). Por otro lado, en la sierra norte, aun cuando la producción sigue estancada, el control eficiente del gusano mazorquero (*Heliothis zea* Boddie) con el uso de aceite comestible aplicado a los pistilos condujo a la producción de «choclo» en vez de grano, logrando con ello un importante incremento en los ingresos del productor (Tejada, 1990). El incremento paulatino en la exportación de maíces especiales y extractos de maíz morado, hacen que el agricultor siga esperanzado en mejorar sus rendimientos por unidad de superficie y se anime a mirar al cultivo de maíz amiláceo no solo como de subsistencia sino como un verdadero negocio.

Tabla 1.

Orden de prioridad de los cultivos durante la campaña agrícola 2019 - 2020.

Mercado interno			Mercado externo		
N°	Cultivos	Puntaje	N°	Cultivos	Puntaje
1	Quinua	360	1	Quinua	409
2	Palta	352	2	Palta	404
3	Uva	334	3	Uva	393
4	Cebolla	314	4	Espárrago	374
5	Olivo - aceituna	312	5	Banano	365
6	Plátano	310	6	Cacao	359
7	Cacao	308	7	Cebolla	358
8	Banano	307	8	Mango	357
9	Mandarina	307	9	Café	356
10	Mango	306	10	Olivo - aceituna	343
11	Yuca	304	11	Granada	336
12	Café	303	12	Mandarina	335
13	Legumbres secas	300	13	Arándano	327
14	Pecana	294	14	Pecana	320
15	Maíz amiláceo	293	15	Legumbres secas	318
16	Papa	293	16	Maíz amiláceo	309
17	Choclo	289	17	Palma aceitera	305
18	Chirimoya	282	18	Ajo	300
19	Limón	282	19	Limón	300
20	Ajo	277	20	Maca	299
21	Arándano	275	21	Maíz choclo	298

Fuente: MINAGRI (2020).

Sin embargo, debido a que el rendimiento promedio nacional de maíz amiláceo es de solo 1.81 t ha⁻¹, es urgente incrementar la producción y productividad a fin de garantizar la seguridad alimentaria de las familias campesinas de la sierra del país que dependen de este cultivo, empleando nuevas técnicas de mejoramiento genético e ideando nuevas metodologías agronómicas, que posibiliten el incremento de los ingresos de estas familias. En la actualidad nada impide que en la sierra también se utilicen híbridos de maíz amiláceo que puedan posibilitar un salto considerable en el incremento de la producción por unidad de superficie.



2.1. Situación actual

El maíz amiláceo incluyendo el maíz para «choclo», ocupa el cuarto lugar en superficie con intención de siembra a nivel nacional después del arroz, la papa y el maíz amarillo duro, (Tabla 2). No obstante, en los últimos trece años, se han sucedido muchos cambios en la dinámica del cultivo de maíz amiláceo a nivel nacional debido probablemente al incremento en su consumo y a su exportación. Si bien es cierto que tanto la superficie cosechada como la producción a nivel nacional tuvieron una ligera disminución, el rendimiento promedio tuvo un incremento en 400 kg ha⁻¹, respecto al año 2015, (Figura 1).

Tabla 2.

Superficie estimada de intención de siembra de maíz (ha) frente a otros cultivos en la campaña agrícola 2019-2020 a nivel nacional.

Departamento	Arroz	Papa	Maíz Amarillo Duro	Maíz Amiláceo	Maíz Choclo	Frijol (grano seco)	Quinua
Amazonas	45 875	4 002	12 119	8 566	1 104	9 188	66
Ancash	5 680	9 824	17 764	9 031	4 735	1 415	1 240
Apurímac		24 937	1 947	24 863	2 407	4 678	4 143
Arequipa	20 199	9 591	227	2 571	1 843	3 813	4 061
Ayacucho	126	22 992	942	20 285	2 118	2 301	12 037
Cajamarca	25 356	28 483	18 647	37 957	9 085	17 785	818
Cusco	1 182	30 879	2 701	25 575	2 272	1 449	3 135
Huancavelica		28 219	682	19 117	1 326	5 340	1 637
Huánuco	10 853	43 202	11 537	14 494	863	4 839	1 283
Ica		3 240	18 743	153	1 470	339	488
Junín	1 287	23 850	5 937	8 142	7 093	4 162	3 073
La Libertad	33 000	23 857	19 926	14 525	897	3 216	2 254
Lambayeque	50 107	746	16 885	3 691	2 952	1 308	936
Lima		4 949	21 274	566	2 518	1 343	464
Loreto	35 273		42 039			4 319	
Madre de Dios	2 664		5 318			320	
Moquegua		530	51	664	52	51	109
Pasco	2 465	9 204	4 159	1 602	766	913	36
Piura	57 600	1 987	16 173	16 143	221	5 541	261
Puno	198	59467	2 449	3 719	14	464	35 044
San Martín	100 087		50 111			4 003	
Tacna		442	22	478	198		836
Tumbes	15 364		1 038		316	3	
Ucayali	13 806		12 973			1 505	
TOTAL	421 122	330 401	283 664	212 142	42 250	78 295	71 921

Fuente: MINAGRI (2020).

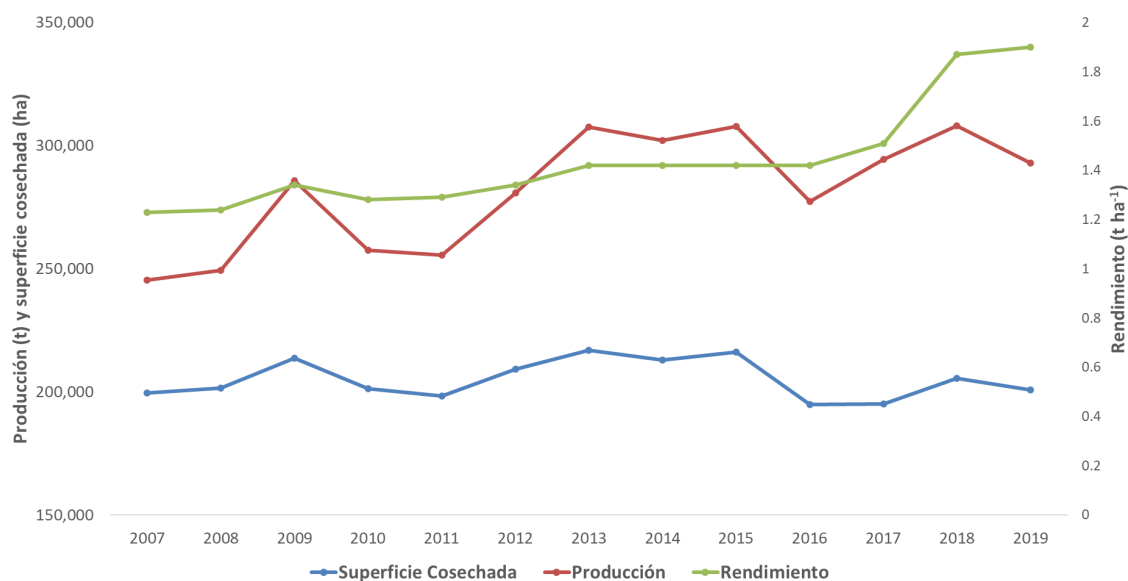


Figura 1. Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento del maíz amiláceo en los últimos trece años en Perú.

Fuente: Adaptado de MINAGRI (2020).

En algunas regiones los agricultores han innovado y están viendo al cultivo como un agronegocio rentable, tal como sucede en la costa sur del país (excepto Moquegua), donde el rendimiento promedio supera las 2.73 t ha^{-1} , a pesar de que la superficie cosechada aún no es muy representativa como lo es en la sierra del país; mientras que en otras regiones como Cajamarca, el maíz amiláceo sigue siendo un cultivo de subsistencia o seguridad alimentaria ya que, el rendimiento no supera los 800 kg ha^{-1} , pero que se sigue sembrando en una superficie considerable (Tabla 3). Cabe resaltar que la Tabla 3 solo incluye a las regiones costa y sierra, puesto que en la selva no se siembra maíz amiláceo.



Tabla 3.

Superficie cosechada, producción y rendimiento de maíz amiláceo, de 19 departamentos de costa y sierra de Perú. Promedio de los últimos trece años (2007 - 2019).

Superficie Cosechada (ha)		Producción (t)		Rendimiento (t ha ⁻¹)	
Total Nacional	199 144	Total Nacional	292 901	Promedio Nacional	1.81
Departamento		Departamento		Departamento	
Cajamarca	34 596	Cusco	60 481	Ica	4.01
Cusco	24 667	Apurímac	45 105	Arequipa	3.23
Apurímac	24 639	Huancavelica	29 268	Tacna	2.81
Huancavelica	19 012	Cajamarca	27 559	Lima	2.73
Ayacucho	18 123	La Libertad	23 175	Cusco	2.45
Piura	15 659	Ayacucho	21 278	Lambayeque	1.96
La Libertad	14 696	Piura	15 478	Apurímac	1.83
Huánuco	13 129	Huánuco	15 472	Junín	1.83
Amazonas	8 112	Junín	14 422	Puno	1.60
Junín	7 882	Áncash	8 362	La Libertad	1.58
Áncash	5 927	Arequipa	7 440	Huancavelica	1.54
Puno	3 886	Amazonas	6 528	Áncash	1.41
Lambayeque	3 164	Puno	6 229	Moquegua	1.24
Arequipa	2 306	Lambayeque	6 204	Pasco	1.22
Pasco	1 628	Pasco	1 992	Huánuco	1.18
Moquegua	666	Tacna	1 483	Ayacucho	1.17
Tacna	527	Lima	1 095	Piura	0.99
Lima	401	Moquegua	827	Amazonas	0.80
Ica	125	Ica	503	Cajamarca	0.80

Fuente: Elaboración propia en base a datos de MINAGRI (2020) - Oficina de Información Agraria. “Estadística Agraria Mensual” y de las Agencias Agrarias por regiones.

El comportamiento de los precios durante el año 2019 fue favorable para el cultivo a nivel nacional. Sin embargo, las intenciones de siembra en 2020 disminuirían en Cusco, Amazonas, Cajamarca y Junín, ya que se estima una intención de siembra de 1.1 (-4.0 %); 1.1 (-13.4 %); 0.7 (-1.7 %) y 0.6 (-7.1 %) mil hectáreas, respectivamente (MINAGRI, 2019). Por otro lado, en las regiones de La Libertad, Huancavelica, Lima y Ancash, se espera que la siembra se incremente en 1.3 (8.4 %); 0.8 (4.5 %); 0.6 (150.8 %) y 0.5 (7.5%) mil hectáreas, respectivamente.

En líneas generales, la siembra de maíz amiláceo en el país, durante las últimas cinco campañas (2015 – 2019) no ha variado significativamente (Figura 2). La superficie sembrada con maíz amiláceo (incluidos los morochos) bordea las 200 mil hectáreas, que representa casi la mitad de

la superficie total sembrada con maíz en el Perú; más del 90 % de esta superficie se encuentra en 10 departamentos, liderados por Cajamarca donde se siembra el 20 % (MINAGRI, 2020). Cabe destacar que en la última campaña, Cajamarca, Cusco y Apurímac incrementaron las áreas sembradas en comparación con las campañas anteriores, no obstante, en Cajamarca todavía existen muchas dificultades para incrementar el rendimiento (Tabla 3).

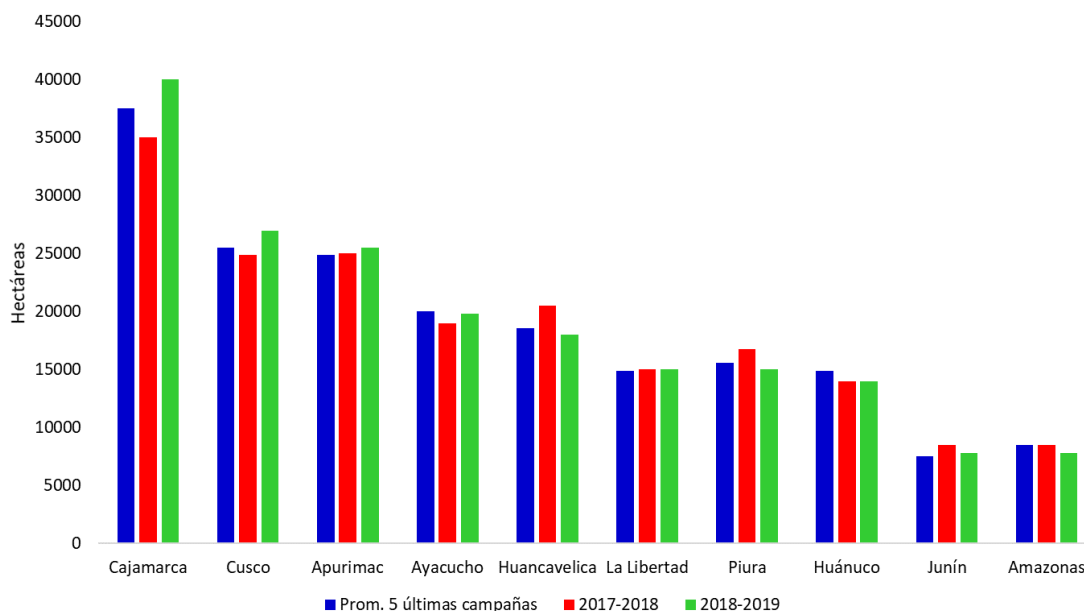


Figura 2. Superficie sembrada con maíz amiláceo en la sierra de diez departamentos, entre 2015 y 2019.

Fuente: Adaptado de MINAGRI (2020).

Varias son las dificultades encontradas para el adecuado cultivo de maíz amiláceo que no permiten obtener una mejor rentabilidad, entre ellas:

- Alta fragmentación de la tierra existente en la sierra del país.
- Débil presencia de organizaciones de productores (escasa asociatividad).
- Baja tasa de uso de semillas de calidad que influye directamente en el rendimiento e incremento de los costos de producción.
- Limitado uso de estándares de calidad en la generación de productos con valor agregado como mote, cancha, harinas y otros.
- Desconocimiento de la demanda de mercados étnicos externos.
- Siembra bajo secano con mal manejo de cosecha y poscosecha.
- Limitada adopción de buenas prácticas agrícolas, con débil promoción y conservación de la biodiversidad.
- Limitado acceso al crédito por parte de los agricultores, además de las diversas amenazas generadas por el cambio climático (heladas, granizadas, veranillos, sequías).
- Aumento de plagas y enfermedades debido a ciclos ininterrumpidos de siembras de maíz.



Por otro lado, existen fortalezas y oportunidades para hacer más rentable al maíz amiláceo, tales como:

- Existencia de variedades con alto potencial productivo y superior al promedio nacional.
- Tendencia al alza en los precios a nivel nacional.
- Amplia diversidad del maíz amiláceo que se adapta a condiciones agroclimáticas especiales (p.ej. Blanco Gigante del Cusco).
- Existencia de metodologías participativas para la producción de semilla local comunitaria de calidad, permitiendo la producción y mejora del potencial productivo de razas locales.
- Conocimiento ancestral y vocación productiva.
- Existencia de tecnología para incrementar la productividad.
- Posibilidad de incorporar los productos del maíz amiláceo a la canasta exportadora.
- Amplia diversidad del producto que aún permanece vigente.
- Posibilidades de ampliar su integración comercial a los mercados de los pequeños productores de la agricultura familiar e incrementar el consumo.



A photograph of several ears of corn in a wooden basket, with a large white number '3' overlaid in the center. The corn is yellow and appears to be in a wooden basket. The number '3' is large and white, centered on the image.

3



Origen y clasificación botánica

3. Origen y clasificación botánica

Existen evidencias arqueológicas de que la diversificación del maíz en el Perú data de hace aproximadamente 7 000 años, citando como ejemplo a tres razas importantes que tienen alrededor de 4 000 años: Proto Confite Morocho, Confite Chavinense y Kculli, (Oscanoa y Sevilla, 2011; MINAM, 2018). Posteriormente la diversificación se aceleró, sobre todo en la sierra, por la inmensa variabilidad ecológica del territorio peruano y por la forma de consumo de los agricultores. En la sierra de Perú, Ecuador y Bolivia el maíz amiláceo se consume directamente sin mayor transformación a diferencia de Colombia y Venezuela donde el 20 % de maíz para consumo humano se siembra en los valles de clima cálido y es consumido principalmente como harinas para tortillas o arepas.

El maíz pertenece a la familia botánica Poaceae, orden Poales, clase Monocotyledoneae. Los géneros *Tripsacum* y *Zea* forman la tribu Andropogoneae. El género *Tripsacum* tiene 14 especies perennes, de las cuales en el Perú existen dos: *T. australe* y *T. peruvianum*; y el género *Zea* con dos especies: *Z. mays* ssp. *mexicana* y *Z. mays* ssp. *parviglumis* (Doebley, 1983, citado por MINAM, 2018).

Su taxonomía es la siguiente:

Reino	: Plantae
División	: Angiospermae
Clase	: Monocotyledoneae
Subclase	: Commelinidae
Orden	: Poales
Familia	: Poaceae
Subfamilia	: Panicoideae
Tribu	: Andropogoneae
Subtribu	: Tripsacinae
Género	: <i>Zea</i>
Especie	: <i>Zea mays</i>





4



Tipos, razas y variedades de maíces amiláceos

4. Tipos, razas y variedades de maíces amiláceos

Existe una gran cantidad de variedades de maíz, con diferencias en cuanto a tamaño, forma, color y textura del grano, así como en la forma de la mazorca, ya que hay desde las más alargadas y finas hasta cónicas, redondas y globosas. En relación a la textura del grano puede ser duro (cristalino) hasta blando (harinoso). En los colores igualmente varían desde blanco, crema, amarillo claro, anaranjado, hasta morado, rojo y azul.

4.1. Tipos

Dada esta gran variabilidad, en 1933 Kuleshov clasificó al maíz por el patrón de endospermo en ocho tipos: indurata (duro), amylacea (harinoso), indentata (dentado), everta (reventón), saccharata (dulce), amylea saccharata (almidón azucarado), ceratyna (ceroso) y tunicata (tunicado). Esta clasificación fue satisfactoria para el arquetipo de grano, pero no fue un buen indicativo para las diferencias morfológicas y genéticas del germoplasma en otras características (Hallauer y Miranda, 1988).

4.2. Razas

Puesto que la clasificación por tipo de grano no fue satisfactoria, Anderson y Cluter (1942), incluyeron las diferencias fenotípicas y genéticas en la clasificación del germoplasma de maíz definiendo el término «raza» como «un número de variedades con suficientes caracteres en común que permiten su reconocimiento como grupo, siendo que, en términos genéticos, una raza o sub raza es un grupo con un número significativo de genes en común».

Las razas han sido caracterizadas por la diferencia en caracteres cuantitativos, los cuales siempre varían dentro de cada raza (Wellhausen et al., 1952, citados por Hallauer y Miranda, 1988). La definición fue mejorando desde que se entendió el concepto de interacción genotipo - ambiente, así como la información adicional mediante métodos numéricos de clasificación y métodos multivariados. Los caracteres usados en la clasificación de las razas de maíz comprenden cuatro categorías: caracteres vegetativos de la planta, características de la panoja, características internas y externas de la mazorca, y caracteres fisiológicos, genéticos y citológicos (Hallauer y Miranda, 1988). En base a estas definiciones se puede afirmar que la mayor variación de tipos de maíz se encuentra en América Latina (casi 90 % de todas las razas cultivadas en el mundo) y que la variabilidad de maíz amiláceo en el Perú es vasta y muy dispersa. De las 260 razas que existen en Latinoamérica, 131 son de la región andina y 52 de Perú (Tabla 4) (MINAM, 2018).

Razas similares fueron agrupadas a pesar de la gran interacción genotipo - ambiente que existe en el país, esta aproximación se fundamenta en la definición de ecosistemas en base al comportamiento de un grupo de razas (Tabla 4). A la fecha se han registrado por lo menos de 19 a 20 razas de maíz amiláceo o harinoso, cuya distribución y concentración se basó en colectas realizadas entre los años 2013 y 2016 (Figura 3) y que pueden ser encontradas principalmente en la sierra alta y muy alta del país. Todo ello indica que la raza Cusco, por ejemplo, está distribuida en 14 regiones del país, las razas Kculli y Morocho en 13 y la raza Piscorunto en 12. Así también, las regiones con mayor concentración de razas, no solo de maíz amiláceo sino también de los demás tipos son: Cajamarca (provincias de Chota, Cutervo y Celendín, entre las más importantes), La Libertad (provincia de Sánchez Carrión), Lambayeque (provincias de

Ferreñafe y Lambayeque), Huánuco (provincias de Huamalíes, Dos de Mayo, Yarowilca, Huánuco y Ambo), Huancavelica (provincias de Tayacaja, Huancavelica, Castrovirreyna y Huaytará) y Apurímac (sus siete provincias).

Tabla 4.

Razas de maíz que existen en el Perú y que definen a cinco ecosistemas.

ECOSISTEMA	RAZAS
Costa	Alazán, Chancayano, Huachano, Iqueño, Jora, Mochoero, Pardo, Perla, Rienda
Selva baja	Alemán, Chimlos, Chuncho, Cubano Amarillo, Enano, Pirincino
Sierra alta	Ancashino, Chullpi, Confite Morocho, Confite Puntigudo, Cusco Cristalino Amarillo, Huancavelicano, Huarmaca, Huayleño, Kulli, Marañón, Morocho, Paro, Piscorunto, San Gerónimo, San Gerónimo Huancavelicano, Shajatu, Ukchuquilla
Sierra muy alta	Confite Puneño, Granada
Selva media	Amarillo Huancabamba, Arequipeño, Arizona, Blanco, Ayabaca, Coruca, Morocho, Cajabambino, Cusco Gigante, Sabanero

Fuente: MINAM (2018).



Figura 3. Distribución y concentración de las principales razas de maíz en el Perú a partir de colectas realizadas de 2013 a 2016.

Fuente: MINAM (2018).

4.3. Variedades

De acuerdo a la Ley General de Semillas (Ley N° 27262, modificada con Decreto Legislativo N° 1080) y el Reglamento de la Ley General de Semillas (Decreto Supremo N° 006-2012-AG), se define como variedad a una *“Población de plantas de una misma especie que tienen una constitución genética común y homogeneidad citológica, fisiológica, morfológica y otros caracteres comunes. Para los efectos de la Ley, el término variedad es sinónimo de cultivar”*; mientras que variedad nativa es el *“Conjunto de plantas cultivadas que cumplen con la definición de cultivar, utilizadas tradicionalmente por los agricultores o campesinos de una zona determinada y que no han pasado por un proceso de mejoramiento sistemático y científicamente controlado. Se considera como sinónimo los términos variedades autóctonas o tradicionales”*.

La legislación también indica que el Estado promueve y apoya la investigación para mejorar variedades o cultivares de plantas existentes, la formación de nuevas y el mantenimiento de estas, la generación de nuevas tecnologías y núcleos básicos de semilla facilitando la importación de material genético con fines de investigación. Bajo estas premisas, desde 1985 a la fecha se han lanzado al mercado 30 variedades mejoradas de maíz amiláceo, 15 de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y 15 del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) (Tabla 5). Es interesante notar que 18 de estas variedades se inscribieron en el lapso de dos años (1983 a 1985), 15 de la UNALM y tres del INIA. Luego pasaron 15 largos años de ostracismo sin que ninguna de las dos instituciones inscriba una sola variedad hasta el año 2000, a partir de ese año solo el INIA viene contribuyendo en el mejoramiento del maíz amiláceo en el país.

Las variedades de la UNALM siguieron diferentes métodos de selección: seis provienen del mejoramiento de variedades locales, cinco son sintéticos, tres son compuestos y una es top cross; mientras que las variedades del INIA fueron derivadas de compuestos raciales, mediante un proceso de selección recurrente de familias de medios hermanos o hermanos completos, a excepción de una de ellas que fue obtenida mediante un proceso de retrocruzamiento.

Tabla 5.

Relación de variedades de maíz amiláceo inscritas en el Registro de Cultivares Comerciales que conduce la Autoridad en Semillas, enero de 2020.

Cultivar	Solicitante	Obtendor	Fecha	Ámbito
Blanco Urubamba (PMV-560)	DRA Cusco		27-Jun-83	Sierra media
Kulli (morado) PMV-581	DRA Cusco		27-Jun-83	Costa y sierra; baja y media
San Gerónimo (PMV-662)	DRA Huánuco		28-Oct-83	Sierra alta
Choclero 101	INIPA	INIPA † (EEA Baños del Inca)	7-Mar-85	Sierra
Canchero 401	INIPA	INIPA † (EEA Baños del Inca)	7-Mar-85	Sierra media
Morocho 501	INIPA	INIPA † (EEA Baños del Inca)	7-Mar-85	Sierra
PMS 265 (Pardo Dulce)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (verano)
PMV 271 (Pardo)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (invierno)
PMV 272 (Pardo B.U.)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (invierno)
PMS 261 (Chancayano)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (verano)
PMC 561 (Choclero Tardío)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra media
PMC 584 (Choclero)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra media y alta
PMS 636 (Choclero Precoz)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra alta
PMT 637 (Choclero Precoz)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra alta
PMC 638 (Tolerante al frío)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra alta
PMS 266 (Opaco Amarillo)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central; sierra baja
PMS 267 (Opaco Tropical)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa (verano); selva alta
PMV 580 (Opaco Mal Paso o Huascarán)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra media y baja
INIA 601	INIA	INIA ‡ (EEA Baños del Inca)	29-Mar-00	Sierra norte
INIA 603 Choclero	INIA	INIA ‡ (EEA Baños del Inca)	21-Ago-01	Cajamarca
INIA 604 Morocho	INIA	INIA ‡ (EEA Baños del Inca)	25-Abr-03	Cajamarca, Cajabamba, Chota
INIA 606 Choclero Prolífico	INIEA	INIEA § (EEA Santa Ana)	26-Mar-04	Sierra central
INIA 607 Ch'ecche Andenes	INIEA	INIEA § (EEA Andenes)	11-Oct-05	Sierra sur
INIA 615 Negro Canaan	INIA	INIA ¶ (EEA Canaan)	10-Ene-08	Huanta (Ayacucho), Huamanga (Ayacucho)
INIA 614 Paccho	INIA	INIA ¶ EEA Baños del Inca	11-Ene-08	Cajamarca, La Libertad, Piura
INIA 618 Blanco Quispicanchi	INIA	INIA ¶ EEA Andenes	9-Ago-12	Quispicanchi (Huaró, Andahuaylillas, Quiquijana, Urcos).
INIA 620 Wari	INIA	INIA ¶ EEA Canaán	1-Mar-13	Ayacucho y Apurímac
INIA 621 Pillpe	INIA	INIA ¶ EEA Canaán	20-May-13	Ayacucho y Apurímac
INIA 622 Chullpi Sara	INIA	INIA ¶ EEA Andenes	2-Jul-2019	Sierra sur: Cusco (Quispicanchi, Huaró Andahuaylillas, Quiquijana, Urcos)
INIA 623 Canchero Prolífico	INIA	INIA ¶ EEA Baños del Inca	10-Dic-19	Sierra norte: Cajamarca

† Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. ‡ Instituto Nacional de Investigación Agraria. § Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. ¶ Instituto Nacional de Innovación Agraria

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA- ARES (2020).

A photograph of a wooden bowl filled with corn cobs, with a large white number '5' overlaid in the center. The corn cobs are arranged in a circular pattern, filling the bowl. The lighting is soft, highlighting the texture of the corn and the wood of the bowl. The number '5' is positioned in the middle of the frame, slightly to the right of the center.

5



Características morfológicas de la planta de maíz



5. Características morfológicas de la planta de maíz

5.1. La planta de maíz

El maíz es una planta monoica, es decir con flores masculinas ubicadas en la panoja que se encuentra en la parte apical del tallo y con flores femeninas agrupadas en mazorcas ubicadas casi siempre en la parte media de la planta (Figura 4). Presenta tallo formado por nudos y entrenudos; hojas arregladas en forma alterna que nacen de yemas ubicadas en los nudos (INIA, 2020). Es protándrica, ya que la floración masculina o emisión de polen ocurre normalmente antes de la floración femenina o emisión de pistilos (barbas). Es una planta alógama, de polinización cruzada o libre, es decir, que las flores femeninas son fertilizadas por polen proveniente de otras plantas.

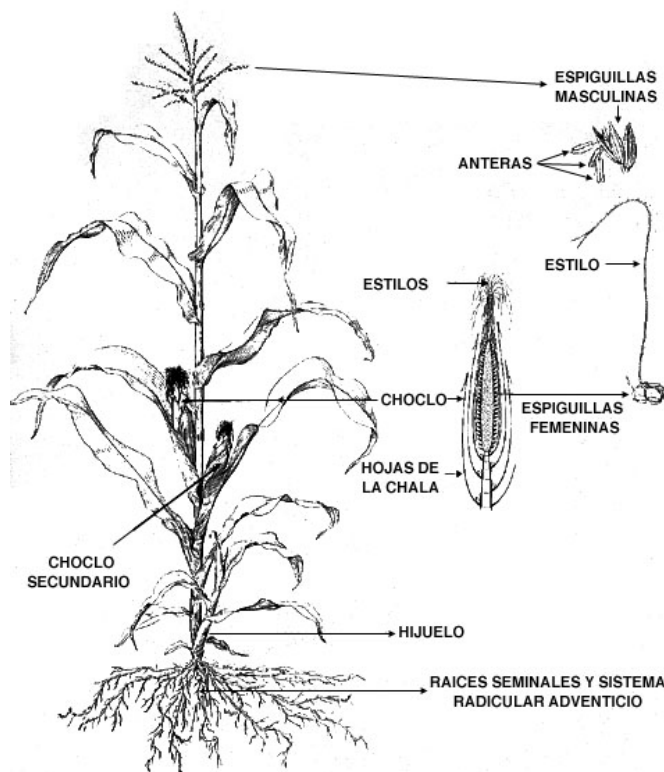


Figura 4. Planta típica de maíz mostrando sus diferentes partes.¹

1 Foto: http://www7.uc.cl/sw_educ/hortalizas/imagenes/choclo/caract_organo_f.jpg

5.2 Órganos vegetativos

5.2.1 Raíz

El maíz presenta dos tipos de raíces: las raíces principales (nodales o coronarias), que son las más profundas, y las raíces adventicias o de anclaje. Las raíces principales nacen de la semilla durante la germinación. El crecimiento inicial de estas raíces es paralelo a la superficie del suelo para luego dirigirse hacia abajo. Las raíces principales son muy importantes durante los primeros estadios de crecimiento de la plántula, hasta que se establecen plenamente las raíces adventicias permanentes o de anclaje (INIA, 2020).

Las raíces adventicias se forman en los primeros entrenudos del tallo y adoptan la forma de un cono invertido (Figura 5). De la base de cada entrenudo se forma una especie de corona formada por cuatro a cinco raíces gruesas. Estas coronas continúan formándose hasta los primeros entrenudos sobre la superficie del terreno, proporcionando a la planta un anclaje adecuado al suelo. Esto no garantiza que la planta sea susceptible al acame o tumbado por acción del viento, por lo que su resistencia al tumbado está ligada al número de coronas y a la resistencia de las raíces que las conforman. En general, tres cuartas partes de la masa radicular se concentra en los primeros 120 a 150 cm de profundidad del suelo, pudiendo haber raíces que sobrepasan los 180 cm (INIA, 2020).

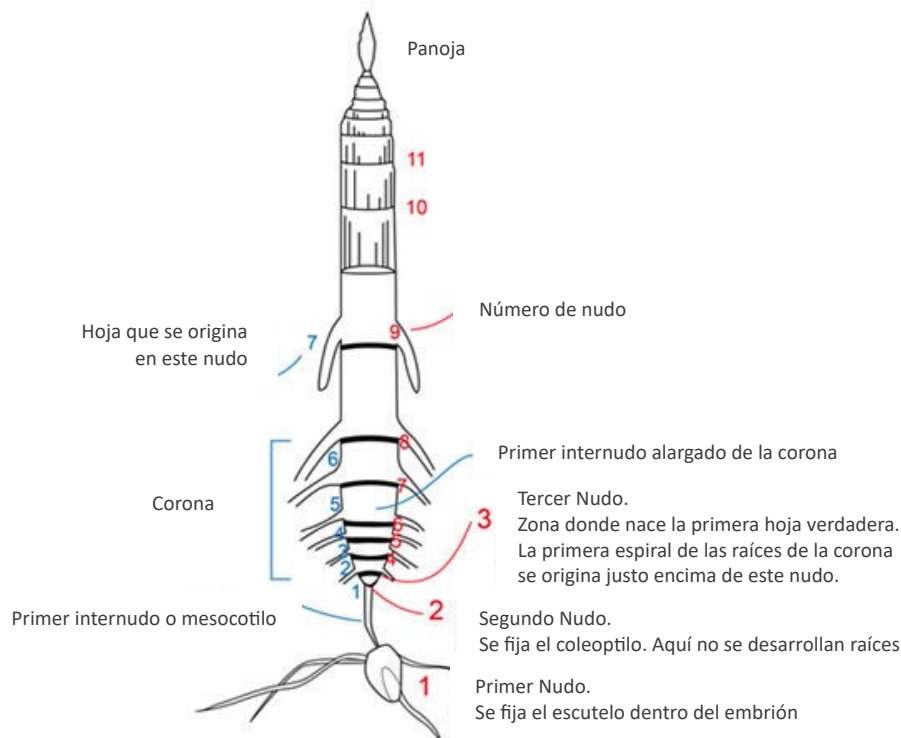


Figura 5. Estructura de una planta de maíz desde el sistema radicular hasta la panoja.²

2 Foto: modificado de https://www.pioneer.com/us/agronomy/staging_corn_growth.html#CornGrowthStagesDefined_1

5.2.2 Tallo

Es cilíndrico y hueco (constituido de un tejido suberoso o tipo corcho), proporciona soporte a la planta, transporta nutrientes y almacena carbohidratos. Está formado por nudos y entrenudos que varían entre 20 a 30, según la variedad (Figura 6A). La formación de los nudos y entrenudos ocurre en la etapa inicial de crecimiento y desarrollo de la plántula; el crecimiento del tallo se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos, por esta razón en ambientes desfavorables como el de una sequía, este alargamiento es limitado reduciéndose el tamaño final de la planta (INIA, 2020).

5.2.3 Hojas

Las hojas del maíz amiláceo típico de la zona Andina, son láminas alargadas con pilosidades en el haz, lanceoladas, onduladas y no tan rígidas, lo que les permite pender o doblarse ligeramente hacia abajo (Figura 6B). Esto lo diferencia de los maíces amarillos duros que han pasado por un proceso de selección genética, cuyas hojas modernas tienen un aspecto rígido, semi erecto y con menor área foliar, pero con mayor superficie efectiva de captación de los rayos solares. Nacen en forma alterna a lo largo del tallo a partir de yemas que se encuentran en los nudos. Su número total depende de la variedad y del número de nudos que conforman el tallo. Cada hoja posee una nervadura central muy marcada y venas delgadas paralelas, una vaina foliar (que rodea el entrenudo) y, el cuello o lígula que une a la lámina y a la vaina.

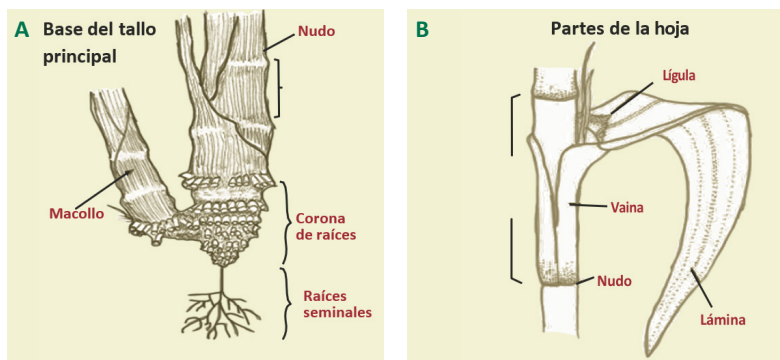


Figura 6. Morfología y partes del tallo (A). Morfología y partes de la hoja (B), de la planta típica de maíz amiláceo.

Fuente: Kiesselbach (1949).

5.3 Órganos reproductivos

5.3.1 Flor masculina, panoja o panícula

Es una espiga ubicada en el ápice o parte terminal del tallo y está compuesta por un eje central (raquis) y ramificaciones laterales primarias y secundarias. Tanto en el eje como en las ramificaciones se distribuyen espiguillas en pares. Cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas que a su vez contienen tres estambres donde se desarrollan los granos de polen.

La panoja es la última estructura que se forma después de la emergencia de la plántula y se desarrolla después que terminan de aparecer todas las hojas (Figura 7). Con la emergencia total de la panoja, se produce la antesis o liberación de los granos de polen. Cada panoja puede producir entre 15 y 50 millones de granos de polen, según la variedad, que son dispersados por el viento para la polinización (INIA, 2020).



Figura 7. Inflorescencia masculina, panoja o panícula.

Fuente: MINAM (2018).



5.3.2 Mazorca

Las mazorcas o inflorescencias femeninas se localizan en las yemas axilares de las hojas (Figura 8A), exactamente en los nudos. Son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central o tusa donde se insertan las espiguillas por pares. Cada espiguilla tiene dos flores pistiladas, una fértil y otra abortiva (esta es la razón por la cual siempre hay un número par de hileras de grano en una mazorca), estas flores se arreglan en hileras paralelas. Las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido a la tusa y un estilo muy largo denominado «barba del choclo» en la zona andina, con propiedades estigmáticas donde se adhiere y germina un único grano de polen. Las primeras espiguillas en desarrollarse son las de la parte basal de la mazorca cuyos estigmas emergen antes que aquellas situadas en la parte apical de la misma (INIA, 2020).

A partir de cada yema se desarrolla un pedúnculo o tallo modificado muy delgado con entrenudos cortos, de donde crecen las brácteas o «pancas», que son hojas modificadas que protegen al grano en formación. En la parte extrema del pedúnculo crece la mazorca. El tamaño de la mazorca depende de las condiciones ambientales en que crece la planta; a mayor población de plantas el tamaño se reduce. Según la variedad, el número de hileras varía entre ocho como en las variedades Blanco Urubamba (Figura 8B) o INIA 618 Blanco Quispicanchi y más de 24 como en las variedades INIA 614 Paccho o INIA 621 Chullpi Sara (Figura 8C). El número de granos por hileras puede llegar a más de 40.



Figura 8. Inflorescencia femenina (A). Mazorca de un maíz Blanco Gigante del Cusco con ocho hileras de granos (B). Mazorca de un maíz chullpi con más de 24 hileras de granos (C).

Fotos: Chavez C. A.

5.3.3 Grano

Los granos (cariópsides o cariopses) son frutos independientes insertados en la tusa y están formados por el pericarpio, endospermo y embrión (Figura 9). El pericarpio o cáscara, es la parte exterior del grano que protege los tejidos interiores de la semilla. Es traslucido y es 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).

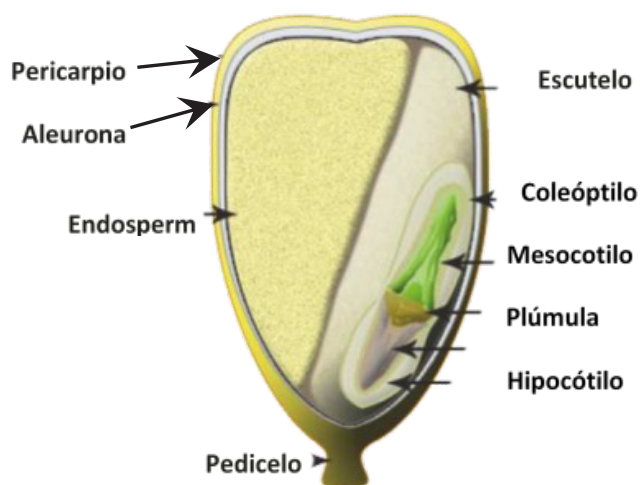


Figura 9. Morfología y partes del grano de maíz.³

El pericarpio representa entre el 5 y 6 % de la semilla, el endospermo entre el 80 y 85 % y el embrión entre 10 y 12 %. El endospermo está formado por almidón (88 %) y proteínas (8 %), su parte externa está cubierta por la aleurona que es una capa de gránulos microscópicos de proteína cuya función es ayudar al embrión durante la germinación. En la base del endospermo o pedicelo, existe una capa de células modificadas que transportan los asimilados y fotosintatos desde las hojas y tallo hasta el interior del grano. Al llegar a la madurez fisiológica estas células mueren, cerrando el pase de los fotosintatos ocasionado que el interior del grano se oscurezca formando la «capa negra».

El embrión, contiene a una nueva planta de maíz, con un tallo embrional y una radícula. El tallo embrional está formado por hojas modificadas. La primera es el escutelo y la segunda el coleóptilo, que nacen de los nudos escutelar y coleoptilar, respectivamente. Entre ellos se ubica el primer entrenudo llamado mesocotilo. Cuando la semilla germina, la primera estructura en salir es la radícula, mientras que las células del mesocotilo comienzan a alargarse llevando al coleóptilo hacia la superficie del suelo. El coleóptilo contiene a la plúmula, que es un conjunto de tres a cuatro hojas embrionarias, que son liberadas una vez que el coleóptilo deja de crecer al llegar a la superficie del suelo (INIA, 2020).



6

The image shows a variety of corn cobs at different stages of growth. On the left, there are several small, developing cobs with sparse kernels. In the center and right, there are larger, more mature cobs with dense, well-developed kernels. The cobs are arranged on a table covered with a patterned cloth, and decorative ribbons in shades of blue and yellow are draped around them. The entire scene is overlaid with a semi-transparent green filter.

Fases de desarrollo de la planta



6. Fases de desarrollo de la planta

Debido a la gran diversidad de tipos, razas y variedades de maíz amiláceo que existen en el Perú, así como de condiciones ambientales donde estos se cultivan, es difícil establecer patrones, etapas o estados fenológicos específicos de desarrollo. En la Tabla 6 se hace un resumen de las publicaciones que intentan definir tales patrones, quedando claro que existen algunos vacíos como para llegar al nivel de los maíces amarillos duros en los cuales si existen etapas fenológicas definidas. No obstante, la fase vegetativa (V) y la fase reproductiva (R) son coincidentes aun cuando dentro de cada una de ellas los estadios sean disímiles. Las publicaciones de la Tabla 6 establecen una tercera fase, la de maduración (M) que también es muy variable en maíz amiláceo.

Tabla 6.

Fases, etapas y estados de desarrollo contados en meses y días después de la siembra, de cuatro variedades de maíz amiláceo.

Fase	Mes	Etapa / Estado Fenológico	INIA (2013)	MINAM y SENAMHI (2013)			MINAGRI y SENAMHI (2016 y 2019)
			Maíz Blanco Urubamba	Precoz (Choclero, San Gerónimo y Cusco)	Semi tardío (Cusqueado)	Tardío (Morocho)	Maíz Amiláceo en general
			Días después de la siembra				Etapa
Vegetativa (V)	0	Siembra	0	0	0	0	
	1	Emergencia (brotamiento)	15	10 a 15	15 a 20	15 a 20	Emergencia
	2	Primer aporque	40				Aparición de hojas
	2	Segundo aporque	50 a 60				
		Crecimiento	75				
	3	Aparición de inflorescencia masculina / Panoja	85 a 95	75 a 80	85 a 90	95 a 100	Panoja
Reproductiva (R)	4	Floración masculina (50% con polen) / Polinización	95 a 130				
	4	Floración femenina (50% con estigmas) / Inicio de formación de la mazorca	100 a 125	85 a 95	95 a 105	110 a 125	Espiga
	5	Inicio de desarrollo de grano	100 a 125				
	6	Desarrollo de grano	130 a 155				Maduración lechosa
	7	Llenado de grano	160 a 185	135 a 150	150 a 165	170 a 185	Maduración pastosa
	7	Madurez fisiológica	195 a 210				
Maduración (M)	8	Maduración	200 a 240	145 a 165	165 a 185	185 a 205	Maduración córnea
	9	Secado y Cosecha	240 a 270				

Fuente: Elaboración propia con datos extraídos de INIA (2003), MINAM y SENAMHI (2013), MINAGRI y SENAMHI (2016), MINAGRI y SENAMHI (2019).

En la fase Vegetativa existen vacíos relacionados al momento de la aparición y al número final de hojas de cada tipo, raza y variedad. Lo que sí están más o menos definidos en cada variedad son el número de días hasta la floración masculina y la floración femenina lo que en maíz amarillo duro se denominan estados lechosos, pastoso y madurez fisiológica del grano.

El conocimiento de las fases o estados de desarrollo de una planta de maíz amiláceo permite explicar las razones por las cuales se hacen determinadas labores agrícolas, así como el momento oportuno de hacerlas. En cualquier caso, el ciclo del maíz se inicia cuando se pone la semilla en contacto con el suelo y termina en la cosecha cuando el grano es aparente para ser consumido en estado fresco o choclo, o cuando está en madurez fisiológica.

En este sentido, en este manual se discutirán las siguientes fases y estados: fase Vegetativa (V): emergencia, aparición de hojas y panoja; fase Reproductiva (R): floración masculina, floración femenina, grano en estado lechoso, grano en estado pastoso, grano en madurez fisiológica y fase de cosecha (Figura 10).

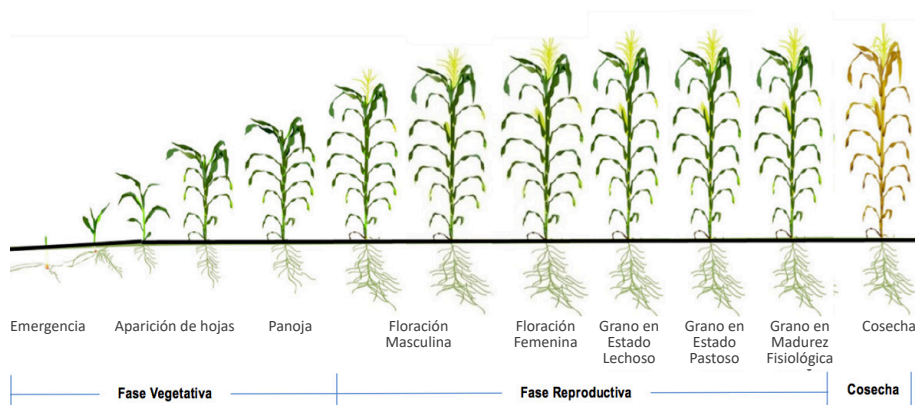


Figura 10. Estados de desarrollo de una planta de maíz amiláceo.

Fuente: Adaptado de Pioneer (s.f.).

6.1 Fase Vegetativa (V)

El conocimiento de los estados fenológicos de la planta de maíz facilita la aplicación oportuna de las prácticas de cultivo (deshierbo, aporque, fertilización) y la cosecha que, a su vez, permite lograr mayor productividad.

6.1.1 Emergencia

Comprende desde la siembra hasta la emergencia de la planta. Después de la siembra, la semilla absorbe agua y la planta comienza a crecer; la radícula emerge de la parte terminal de la semilla, alargándose y profundizándose rápidamente, seguida por aparición de la plúmula y las raíces seminales o adventicias (Figura 11). El primer entrenudo se alarga elevando a la plántula, finalizando su crecimiento cuando el ápice del coleóptilo emerge del suelo, momento en que inicia la emergencia de las primeras hojas (Figura 12A). Dependiendo de la profundidad de siembra, en la emergencia, el punto de crecimiento de la planta y los nudos del tallo están de 3 a 5 cm por debajo del suelo. Esta profundidad influye en el tiempo de la emergencia puesto que las plántulas de semillas sembradas profundamente, atraviesan un mayor espesor de suelo, así también, a mayor profundidad, la temperatura en el suelo es menor y el crecimiento de la planta se hace más lento. En esta etapa, las plántulas son alimentadas con las reservas de nutrientes que tiene la semilla (Ritchie y Hanway, 1986).



Figura 11. Semillas de maíz en plena germinación.⁴

En condiciones óptimas de humedad, la germinación de la semilla y emergencia de las plántulas ocurre entre 10 y 15 días en maíces amiláceos precoces y entre 15 y 20 días en los semitardíos y tardíos. Sin embargo, cuando la germinación se retrasa, predispone a la semilla a condiciones ambientales adversas, así como al ataque de plagas y hongos que generan la pudrición de la semilla (Ritchie y Hanway, 1986).

6.1.2 Aparición de las Hojas

Luego de la emergencia aparecen las primeras dos hojas extendidas (Figura 12B). Ocurre la diferenciación del meristemo apical que se encuentra localizado debajo del suelo. Las raíces primarias crecen muy poco después de este estado. Además, se inicia la formación de la espiga (panoja) en el ápice del tallo, debajo del suelo, así como la formación de hojas y yemas florales (Ritchie y Hanway, 1986). En este estado los efectos de heladas y granizadas, muy comunes en la sierra del país, causan una ligera disminución de la producción debido a que no ocasionan daños en los tejidos meristemáticos, ni en los demás órganos diferenciados, que en este periodo se encuentran protegidos bajo el suelo.

Cuando la planta tiene ocho hojas extendidas, el tallo y la espiga empiezan a crecer rápidamente, y el punto de crecimiento se encuentra de 7 a 10 cm sobre el suelo. La

4 Foto: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/41/fenologia-do-milho?fale=1>

falta de nutrientes en este estado restringe el crecimiento de las hojas. Al momento de hacer el «aporque», en suelo húmedo, el fertilizante nitrogenado debe ser colocado a un costado de la planta. La aparición de hojas no cesa hasta los 75 días después de la siembra, periodo en que aparece la panoja.

En esta etapa la planta de maíz amiláceo se torna muy susceptible al ataque de larvas de «cogollero» (*Spodoptera frugiperda*), que pueden ocasionar bajas considerables en el rendimiento final si no se hace un control eficiente de estas con algún insecticida granulado. El ataque de este insecto plaga es más fuerte cuando las lluvias se ausentan.



Figura 12. Emergencia de las primeras hojas (A). Aparición de las dos primeras hojas extendidas (B).

Fotos: Villantoy P. A.

6.1.3 Panoja

En este estado, la planta posee 12 hojas extendidas que se encuentran desarrolladas completamente; hay un crecimiento rápido del tallo y aparece la panoja o inflorescencia masculina (Figura 13A). En maíces precoces como Choclero, San Gerónimo y Cusco, esta etapa ocurre entre los 75 y 80 días después de la siembra, en variedades semitardías como el Cusqueado, entre 85 y 90 días, y en variedades tardías como Blanco Urubamba y Morocho, entre 85 y 100 días después de la siembra. Las raíces de sostén se desarrollan en el primer entrenudo, sobre el suelo y la mazorca superior inicia un rápido desarrollo. El número potencial de óvulos de la mazorca superior puede ser determinado en esta etapa (Ritchie y Hanway, 1986).

Cuando la planta tiene 16 hojas extendidas se observa la emergencia del ápice de la espiga. Los entrenudos superiores del tallo se alargan rápidamente y las mazorcas superiores aumentan en tamaño y longitud. Los estigmas de la base de la mazorca se alargan rápidamente, continuando con el rápido desarrollo de la mazorca que ya está visible y finalmente la planta alcanza su tamaño máximo; se inicia la antesis (liberación de polen) (Figura 13B).

En esta etapa, los síntomas de falta de humedad y de nutrientes, aumentan en intensidad, desde la parte superior hacia la base de la planta, retardando la aparición de los estigmas y la emisión de polen. La pérdida de hojas por granizadas, heladas u otros factores, resulta en la pérdida total de la producción (Ritchie y Hanway, 1986).

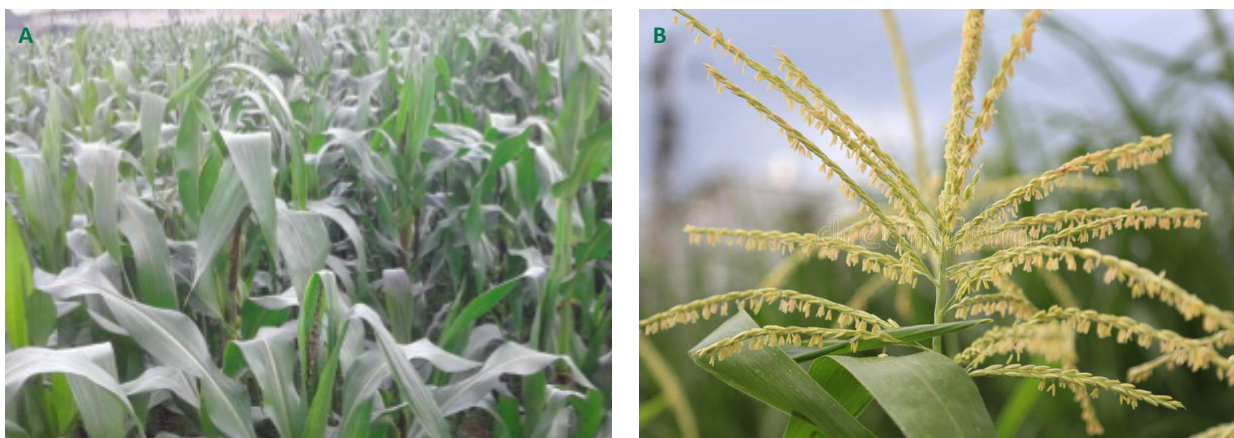


Figura 13. Panoja o inflorescencia masculina (A). Inicio de la antesis o liberación de polen (B).⁵

6.2 Fase Reproductiva

6.2.1 Floración Masculina

En maíces tardíos como Blanco Gigante de Cusco esta etapa ocurre entre los 95 y 130 días después de la siembra. El alargamiento de los entrenudos del tallo, el pedúnculo y las pancas de la mazorca, completan el crecimiento de la planta (Figura 14) (Ritchie y Hanway, 1986). La dehiscencia y la dispersión de los granos de polen, generalmente ocurre de 2 a 3 días antes de la emisión de los estigmas, la dispersión del polen puede durar hasta 14 días y puede ser afectado por temperaturas altas y sequías. Además, las precipitaciones frecuentes durante el periodo de liberación del polen afectan su dispersión y como consecuencia, la polinización del óvulo.

5 Fotos: <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-flor-masculina-del-ma%C3%ADz-borla-image73834705>



Figura 14. Emisión de polen.

Foto: Narro L. T. P.

La liberación del polen se inicia con la salida de los rayos solares, la mayor liberación se da al medio día. En condiciones favorables, los granos de polen pueden permanecer viables aproximadamente por 24 horas, después de este periodo, el polen pierde su viabilidad. La polinización natural del maíz se facilita por acción del viento; el polen puede ser transportado hasta una distancia aproximada de 500 m, favoreciendo la fecundación cruzada. No obstante, la baja humedad relativa del aire circundante puede afectar los mecanismos de polinización y fertilización, afectando considerablemente la formación de los granos. En cuanto a los nutrientes, se completa la absorción de potasio y ocurre una rápida absorción del nitrógeno.

6.2.2 Floración Femenina

Las mazorcas emiten completamente sus pistilos («barbas o cabellos del choclo») (Figura 15), a los ocho o diez días después de la aparición de la panoja. Se produce la polinización de los estigmas. Las pancas alcanzan su tamaño máximo. La falta de humedad, puede afectar la polinización y producir un pobre desarrollo de los granos. En maíces amiláceos precoces esta etapa ocurre de 85 a 95 días después de la siembra, en semitardíos de 95 a 105 días y en los tardíos de 100 a 125 días después de la siembra.



Figura 15. Estigmas polinizados de una planta de maíz.⁶

En esta etapa, las mariposas de *Helicoverpa zea* o «gusano mazorquero» ponen sus huevos en los pistilos de las mazorcas y cuando eclosionan, la larva más fuerte y vigorosa ingresa a la mazorca causando daños irreparables a esta, si no se hace un buen control con la aplicación dirigida de aceite comestible hacia los pistilos (Tejada, 1990).

6.2.3 Grano en estado Lechoso

En este estado se inicia el proceso de acumulación de almidón en el endospermo y ocurre un rápido aumento de peso de los granos. En maíz Blanco Urubamba este proceso ocurre entre los 130 y 155 días después de la siembra. La tusa, pancas y pedúnculo, están totalmente desarrollados (Figura 16). En este periodo, se da el inicio de los procesos de la diferenciación del coleóptilo, la radícula y las hojas rudimentarias; además, se produce la translocación del nitrógeno y fósforo para el incremento del peso del grano. En esta etapa es importante la aplicación de riego para asegurar la humedad adecuada para la producción (Ritchie y Hanway, 1986).

⁶ Foto: <https://www.agronomy.k-state.edu/extension/crop-production/corn/corn-growth-development/index.html>



Figura 16. Granos de maíz en estado lechoso.⁷

6.2.4 Granos en estado pastoso

En este estado, el grano empieza a acumular sustancias orgánicas y minerales, entrando a un estado denominado pastoso (Figura 17). El desarrollo de los granos puede ser lento como en Blanco Urubamba (160 a 185 días), medianamente lento como en San Gerónimo (150 a 165 días) o muy rápido como en Choclero 101 (135 a 150 días después de la siembra). En esta etapa las estructuras embrionarias se encuentran totalmente diferenciadas y el almidón se sigue acumulando en el endospermo. Es el periodo exclusivamente destinado al incremento de peso del grano. Las condiciones desfavorables o falta de nutrientes, tales como el potasio, producirán granos vacíos y mazorcas de poco peso (Ritchie y Hanway, 1986).

7 Foto: <https://www.agronomy.k-state.edu/extension/crop-production/corn/corn-growth-development/index.html>



Figura 17. Granos en estado pastoso.⁸

Los granos pasan del estado pastoso a un estado harinoso, tornándose cada vez más endurecidos por la pérdida gradual de agua. Ocurre un crecimiento rápido del embrión; la radícula y las hojas embrionarias se encuentran totalmente diferenciadas y se ha iniciado la formación de raíces seminales. El tamaño del endospermo continúa en aumento (Ritchie y Hanway, 1986).

6.2.5 Granos en madurez fisiológica

Es el último estado de desarrollo, donde se evidencia la paralización total de la acumulación de materia seca en los granos y el máximo vigor de la semilla (Figura 18), a partir del cual se inicia un franco proceso de deterioro de esta cuando es guardada en la misma planta o en un almacén luego de la cosecha.

La madurez fisiológica se reconoce en el campo por la formación de una capa negra en el punto de inserción del grano con la coronta (debajo del pedicelo). Esto coincide con el proceso de senescencia natural de las hojas, las cuales gradualmente comienzan a perder su color verde característico (Ritchie y Hanway, 1986). La variedad Choclero 101 llega a la madurez fisiológica entre los 145 y 165 días; Cusqueado entre los 165 y 185 días y Blanco Urubamba, entre los 200 y 240 días después de la siembra.

Este estado indica el momento oportuno para realizar la cosecha, ya que el grano de maíz amiláceo puede contener de 30 a 40 % de agua. Para conseguir la humedad comercial de 14 % es necesario secarlo, colocando las mazorcas en ambientes adecuados y con buena aireación (Ritchie y Hanway, 1986).

8 Foto: <https://www.agronomy.k-state.edu/extension/crop-production/corn/corn-growth-development/index.html>



Figura 18. Granos en madurez fisiológica mostrando la capa negra

Foto: Narro L. T. P.

A green-tinted photograph featuring a pine cone on the right side and a decorative arrangement of ribbons in shades of green and blue on the left. The ribbons are draped and looped, creating a dynamic, flowing pattern. The pine cone is detailed, showing its characteristic scales. The overall composition is artistic and textured.

7



**Variedades de polinización
libre del INIA**

7. Variedades de polinización libre del INIA

El maíz es una especie alógama de polinización libre, que presenta cerca de 95 % de cruzamientos naturales, es decir, cerca de 5 % de autofecundación. El principal mecanismo que favorece la alogamia o en otras palabras dificultan la ocurrencia de autofecundación natural es la monoecia, en que las plantas presentan la panoja (inflorescencia masculina) separada de la mazorca (inflorescencia femenina) pero en la misma planta. Otro mecanismo que garantiza la alogamia es la protandria, en la que ocurre la liberación del polen, pero los estigmas (o barbas del choclo) no se encuentran receptivos de forma simultánea. También se dice que es de polinización libre porque las mazorcas pueden ser polinizadas libremente por el polen de cualquier planta de maíz que se encuentre cerca.

Las variedades mejoradas de polinización libre (VPL) pueden formarse de dos maneras. La primera a partir de recombinación de familias seleccionadas que se derivan de poblaciones mejoradas por selección recurrente. La segunda, por la recombinando de líneas altamente endogámicas derivadas de programas de formación de híbridos (INIA, 2020). Una vez formadas las VPL, los agricultores pueden sembrarlas y utilizar parte de su producción como semilla para la siguiente campaña, siguiendo procedimientos muy baratos y sencillos que se describen más adelante. Con variedades de polinización libre de maíz, el agricultor no tiene que comprar semilla todas las campañas agrícolas.

En comparación, los híbridos son el resultado de la mejora genética del maíz mediante la cruce de dos líneas endogámicas con características deseables. En términos sencillos, un híbrido de maíz resulta cuando una planta de maíz fecunda a otra que genéticamente no está emparentada con la primera. La planta que produce la semilla se denomina progenitora hembra, en tanto que la planta que proporciona el polen para la fecundación se denomina progenitor macho. En otras palabras, una planta hembra es cruzada con una planta macho a fin de producir semilla híbrida. Esta semilla posee una configuración genética única, resultado de ambos progenitores. Los fitomejoradores generan los progenitores hembra y macho de cada híbrido con el fin de crear progenies con características deseables como alto rendimiento, madurez específica, resistencia a enfermedades, cierto color de grano, calidad de procesamiento, etc. Esta es la semilla híbrida única que los agricultores sembrarán en sus campos. Con híbridos de maíz, el agricultor tiene que comprar semilla todas las campañas agrícolas.

La semilla llega a los agricultores en dos formas: como VPL y como híbridos. Ambos tipos tienen sus ventajas y desventajas, según sea el ambiente en que crecen y el manejo agronómico que se brinda, sin embargo, las variedades tienen un rendimiento de grano mucho menor que el alcanzado por los híbridos. Todas las razas y variedades mejoradas incluidas en las Tablas 4 y 5, son de polinización libre. Antes de describir cada una de las VPL que ha generado el INIA a partir del mejoramiento de compuestos raciales o poblaciones locales, se debe explicar brevemente el método de selección empleado. En todos los casos, se empleó la selección recurrente (SR). Esta es la selección sistemática de individuos deseables de una población, seguido de recombinación de los mismos para formar una nueva población (Figura 19). Un ciclo de selección se completa cada vez que una nueva población ha sido formada.

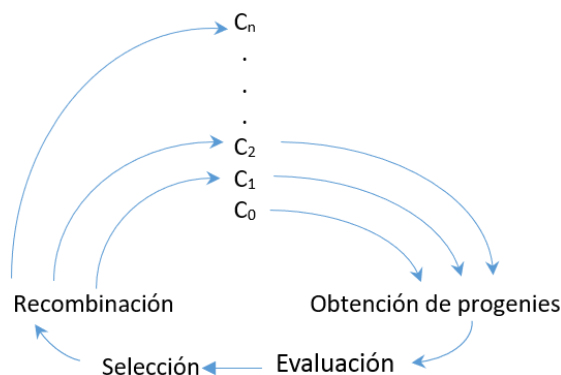
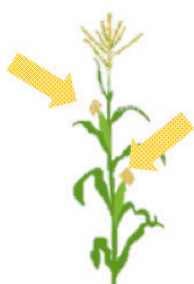


Figura 19. Esquema de selección recurrente en maíz para mejorar una población determinada y generar variedades de polinización libre.

Fuente: Chavez C. A.

Una SR exitosa origina una población mejorada superior a la población original en comportamiento promedio y en el comportamiento de los mejores individuos dentro de ella. La SR garantiza el mejoramiento del rendimiento a largo plazo. 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. Existen diferentes métodos de SR, dependiendo del tipo de progenie que se utilice en el proceso de selección: medios hermanos (MH), hermanos completos (HC) o líneas endogámicas S_1 (S_1) (Figura 20). Todos los granos o semillas de una mazorca constituyen una progenie de MH, pues se conoce el progenitor femenino, que es la planta donde creció la mazorca, pero se desconoce de qué plantas provino el polen que los formó. Por otro lado, una progenie de HC está constituida por granos cuyos progenitores son conocidos, es decir, son aquellos en los que hubo control parental a través de polinización dirigida. Las líneas endogámicas S_1 son progenies de HC pues provienen de la misma planta; en este caso se practicó una autopolinización, es decir, el polen de la planta polinizó los granos de la mazorca de la misma planta.



Progenies de medios hermanos, las flechas indican que el polen provino de plantas desconocidas. Se conoce a la madre, pero no al padre.



Progenies de hermanos completos. Se conoce de dónde proviene el polen y cuál es la mazorca receptora.



Progenie S_1 , resultado de una autopolinización forzada. Los granos de la mazorca autopolinizada constituyen también una progenie de hermanos completos.

Figura 20. Definición de progenies de medios hermanos, hermanos completos y progenies S_1 .

Fuente: Chavez C. A.

7.1. Descripción de las VPL generadas en el INIA

A continuación, se describen cada una las variedades de polinización libre que el INIA ha desarrollado desde 1983 en sus cuatro Estaciones Experimentales Agrarias (EEA) de la sierra: Baños del Inca en Cajamarca, Santa Ana en Junín, Canaán en Ayacucho y Andenes en Cusco. Las variedades están agrupadas por el uso que se le da a cada una y en forma cronológica de acuerdo a la fecha en que fue lanzada como variedad comercial, así como las que aún son sembradas en el campo por los agricultores.

7.1.1. Variedades chocleras

a. INIA 603 Choclero

La variedad Blanco Urubamba del Valle Sagrado de los Incas en Cusco, representa al maíz choclero por excelencia para el poblador peruano. Desafortunadamente, esta variedad tiene una adaptación muy específica a las condiciones agroecológicas del valle y en consecuencia no se puede sembrar satisfactoriamente en toda la sierra. Con la finalidad de ampliar su rango de adaptación en 1978 se formó el Complejo Peruano II (CP II), población de amplia base genética formada por colecciones tipo Blanco Urubamba de Cusco en 50 % y por colecciones de maíz Blanco Imperial de Cajamarca, variedades mejoradas del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz de la UNALM (PCIM 561, PMC 562, PMC 568) y colecciones de los departamentos de Ancash, Apurímac y Ayacucho, en 50 %. En 1990, en la EEA Baños del Inca, se inició un proceso de selección recurrente de MH y posteriormente de HC en el CP II y en base a la recombinación de las nueve mejores familias de HC se formó la variedad INIA 603 Choclero (Figura 21A), que fue lanzada como variedad comercial el 21 de agosto de 2001.

INIA 603 Choclero, tiene buena adaptación a las condiciones de los valles interandinos de la sierra entre 2 600 y 3 000 m s. n. m., la planta es de porte mediano a alto, con buena arquitectura, tallo medianamente grueso, con una o dos mazorcas ubicadas en el tercio medio. La mazorca es de forma cilindro cónica, con 8 a 10 hileras de granos grandes, amiláceos y de color blanco cremoso. Tiene un potencial de rendimiento en grano seco de 6 t ha⁻¹. Con esta variedad se pueden cosechar fácilmente 40 mil choclos de primera a los 170 días de la siembra, como sucede en el valle de Jesús en la provincia de Cajamarca (INIA, 2004b).

b. INIA 606 Choclero Prolífico

En la sierra central, la región Junín es la mayor productora de choclo de maíz amiláceo destinado al mercado de la ciudad de Lima. El maíz más cultivado es el de la raza San Gerónimo, que se caracteriza por su bajo rendimiento y susceptibilidad al acame o tumbado, además de presentar alta interacción con el medio ambiente, lo que ocasiona variaciones significativas en su productividad. Para superar estas deficiencias, en 1985 en la EEA Santa Ana se inició un plan de mejoramiento genético de la raza San Gerónimo que fue cruzada con la raza Cacahuacintle. Después de cuatro ciclos de SR de MH se obtuvo la variedad de polinización libre INIA 606 Choclero Prolífico (Figura 21B), que fue lanzada como variedad comercial el 26 de marzo de 2004.

La población Cacahuacintle proviene de los valles altos de México, es de alto rendimiento y muy estable a través de localidades. San Gerónimo, es autóctona del valle del Mantaro, presenta plantas de porte bajo, maduración precoz, grano amiláceo y muy buena calidad choclera. La variedad INIA 606 Choclero Prolífico se caracteriza por su mayor rendimiento en grano seco (5.3 t ha^{-1}), buena precocidad (120 días a la cosecha en choclo), producción de 1.2 mazorcas por planta y resistencia a enfermedades foliares como la roya (*Puccinia* sp.), además de ser tolerante a bajas temperaturas (INIA, 2004a).

c. INIA 618 Blanco Quispicanchi

La variedad nativa Parakay o Blanco Local tiene características similares al Blanco Gigante del Cusco, sobre todo en tamaño de grano, pero se diferencia por su sabor dulce y su baja productividad (no supera 2.58 t ha^{-1}). Se produce con tecnología media a tradicional por encima de los 3 000 m s. n. m. en la provincia de Quispicanchi. Sus granos, al igual que los del Blanco Urubamba, se consumen en choclo, mote, tostado, frito, tamales, cremas, mazamorras, panes y para fines industriales en almidón y harina. Su exportación genera ingreso de divisas para el país.

Para mejorar su productividad se desarrolló un programa de SR de MH en la EEA Andenes, durante cinco ciclos, empleando 484 familias de esta variedad nativa colectadas el año 2007 en los distritos de Quiquijana, Huaró y Andahuaylillas de la provincia de Quispicanchi (Cusco). El proceso de selección se hizo hasta 2011, año en que se formó el núcleo de semilla genética. El lanzamiento de la variedad INIA 618 Blanco Quispicanchi (Figura 21C), se realizó el 9 de agosto de 2012; se adapta muy bien en Quispicanchi desde 3 100 hasta 3 350 m s. n. m. y en otras zonas maiceras de la sierra desde 2 500 hasta 3 400 m de altitud (INIA, 2012).

d. INIA 620 Wari

En Ayacucho la producción de maíz choclo se obtiene a partir de variedades de las razas Cusco y San Gerónimo, las cuales presentan problemas de bajo rendimiento, susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades foliares, así como pudrición de las mazorcas. Para superar estas deficiencias, entre 1993 y 2004, en la EEA Canaán, se mejoró una población de 80 familias de la crucea Cacahuacintle × Blanco Urubamba (realizada en la EEA Baños del Inca en Cajamarca) y 20 familias de Choclero Local colectadas en las provincias de Huanta y Huamanga de la región Ayacucho y en las Provincias de Andahuaylas y Chincheros de la región Apurímac. Se desarrollaron 10 ciclos de SR de MH y como resultado se obtuvo la variedad INIA 620 Wari (Figura 21D) que fue lanzada comercialmente el 1 de marzo de 2013.

INIA 620 Wari se adapta a las condiciones de la sierra de Ayacucho y Apurímac, entre 2 800 y 3 400 m s. n. m. Su rendimiento potencial estimado es de 5.2 t ha^{-1} y su rendimiento comercial de 3.5 t ha^{-1} . En altitudes menores a 3 100 m s. n. m. la madurez de cosecha se alcanza a los 5.5 meses y entre 3 100 y 3 400 m s. n. m., a los seis meses (INIA, 2013a).



Figura 21. Variedades de polinización libre de maíz amiláceo. INIA 603 Choclero (A). INIA 606 Choclero Prolífico (B). INIA 618 Blanco Quispicanchi (C). INIA 620 Wari (D).

Fotos: Narro L. T. P. y Piña D. P. C.

7.1.2 Variedades cancheras

a. INIA 607 Ch'ecche Andenes

Los maíces cancheros constituyen un recurso importante en la alimentación diaria de las familias de campo, entre ellos los de la raza Pisqorunto producidos principalmente en valles interandinos de Cusco, Apurímac y Ayacucho. Son consumidos no solo en forma de cancha sino también como choclo y mote. En 1988 la EEA Andenes inició un trabajo de mejoramiento, empleando el método de selección masal de 35 accesiones de variedades locales de la raza Pisqorunto, de las provincias de Acomayo (8), Paruro (8), Canchis y Quispicanchi (12) y Anta (7). La evaluación y selección *per se* de las familias se realizó hasta 1990 en que se inició un programa de SR de MH durante ocho ciclos. En 1999 se seleccionaron 318 familias para formar el núcleo de semilla

genética. Luego de un proceso de evaluación participativa en campos de agricultores, el 11 de octubre de 2005 se lanzó la variedad de polinización libre INIA 607 Chécche Andenes (Figura 22A). La genealogía de esta variedad está basada en las variedades locales Chécche, Pisqorunto y Oqé.

Esta variedad se adapta adecuadamente a las condiciones de la sierra sur del país, entre 2 900 y 3 500 m s. n. m. Es de ciclo intermedio, pudiendo cosecharse en siete meses en altitudes menores de 3 300 m s. n. m. y en ocho meses a mayor altitud. Su potencial de rendimiento es de 7.6 t ha⁻¹ con un promedio de 4.4 t ha⁻¹ en campo de agricultores (INIA, 2005).

b. INIA 614 Paccho

El maíz de la raza Chullpi, se encuentra ampliamente distribuido a lo largo de los Andes del Ecuador, Perú, Bolivia y norte de Argentina. Su grano que se caracteriza por tener la parte superior arrugada y traslúcida, es de sabor dulce porque contiene el gen azucarado-1 (*su1*). Es preferido por los agricultores como «cancha o tostado», que es la mayor forma de consumo en el país. Por estas cualidades, el grano además tiene grandes posibilidades de exportación.

En 1983, en la EEA Baños del Inca, se cruzaron 100 progenies de la variedad local Chullpi (colectadas en las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba en Cajamarca) con 100 progenies de la raza Cacahuazintle (de procedencia mexicana). La población resultante se sometió a seis ciclos de SR de MH, obteniendo una ganancia promedio de 0.18 t ha⁻¹ por ciclo, hasta formar la variedad INIA 614 Paccho (Figura 22B), que tiene buena adaptación a las condiciones de la sierra norte del Perú (sierra de Cajamarca, La Libertad, Lambayeque y Piura), desde los 2 200 hasta los 2 900 m s. n. m. La variedad INIA 614 Paccho fue lanzada al mercado el 11 de enero de 2008 y al igual que los granos de la variedad local Chullpi, presentan una apariencia arrugada que les confiere un aspecto distintivo muy peculiar con respecto a otros maíces. Se caracteriza por presentar plantas bajas (178 cm) con mejor tipo de planta, de ciclo precoz (menos de seis meses, 54 días menos que las variedades locales), mejor sanidad y aspecto de mazorca, mayor rendimiento de grano (hasta 3.5 t ha⁻¹) y sus granos tostados son crocantes, de agradable sabor y muy suaves al paladar (INIA, 2007a).

c. INIA 621 Pillpe

En las principales ciudades del país la demanda de maíz canchero es creciente pues los restaurantes lo utilizan como acompañante de diferentes potajes, sobre todo del cebiche. Su comercialización en el mercado regional es limitada por las características de los granos, color variado, tamaño y textura poco uniforme y la poca oferta, pues su producción es para autoconsumo. En tal sentido en 1988 la EEA Canaán, en Ayacucho, inició un programa para mejorar la productividad, calidad de mazorca y grano (textura suave), tolerancia a enfermedades. Para ello se utilizaron 25 colecciones regionales de tres cultivares de la raza Pisccorunto: Pillpe, Pisccorunto y Occe, obtenidas en las provincias de La Mar (6), Huanta (6), Víctor Fajardo (9) y Huamanga (4).

Se emplearon ocho ciclos de SR de MH y el 20 de mayo de 2013 se puso a disposición de los productores de la sierra central y sur la variedad INIA 621 Pillpe (Figura 22C). Esta variedad se adapta muy bien entre 2 800 y 3 400 m s. n. m. Su rendimiento potencial es de 6.3 t ha⁻¹ y comercialmente se puede obtener 3.7 t ha⁻¹. Tiene un ciclo intermedio, en altitudes menores a 3 000 m s. n. m.; la madurez de cosecha se presenta a los cinco meses, y por encima de los 3 300 m s. n. m. hasta los seis meses (INIA, 2013b).

d. INIA 622 Chullpi Quispicanchi o Chullpi Sara

Esta es una variedad de grano dulce chullpi o paccho de la raza Chullpi, con granos arrugados de color ámbar, con endospermo que contiene el gen azucarado-1 (*su1*), el cual da lugar a niveles moderados de azúcar y, por lo general, genera mayores niveles de fitoglicógeno o polisacáridos solubles en agua, lo cual confiere al endospermo una textura suave. En Cusco, la mayor producción de maíz chullpi se da en la provincia de Quispicanchi y en menor cantidad en las provincias de Paruro, Acomayo, Calca y Urubamba. En Quispicanchi, se produce con tecnología media a tradicional. La mayor parte de la producción es comercializada para consumo en las principales ciudades del país y para exportación. Considerando su alto potencial comercial, a partir de 2003 la EEA Andenes inició un proceso de mejoramiento del Compuesto Racial Chullpi (conformado por 157 familias de la variedad nativa Chullpi, pertenecientes a la raza del mismo nombre, colectadas en las provincias de Quispicanchi, Paruro, Calca y Urubamba), empleando ocho ciclos de SR de MH. En 2013 se formó el núcleo de semilla genética de la variedad INIA 622 Chullpi Quispicanchi (Figura 22D). Esta variedad se adapta adecuadamente en la provincia de Quispicanchi, desde 3 100 hasta 3 350 m s. n. m.; en Calca y Urubamba desde 2 750 hasta 2 950 m s. n. m. y en zonas maiceras con altitudes similares. Esta variedad también es conocida como Chullpi Sara y fue lanzada oficialmente como cultivar comercial el 2 de julio de 2019, (INIA, 2014a).

e. INIA 623 Cumbemaíno

La variedad de maíz amiláceo amarillo INIA 623 Cumbemaíno (Figura 22E) fue desarrollada en la EEA Baños del Inca y proviene del cruzamiento entre el CP IV desarrollado en la misma EEA y la variedad INIA 607 Ch'ecche Andenes, desarrollada en la EEA Andenes. El CP IV es un canchero tardío, de grano de color amarillo intenso, no tan suave, seleccionado para alto rendimiento y resistencia a *Fusarium* sp, mientras que la variedad INIA 607 Ch'ecche Andenes es prolífica y de grano grande pintado, harinoso y muy suave. Luego de hacer el cruzamiento CP IV × INIA 607 Ch'ecche Andenes, siguieron ocho ciclos de SR de MH hasta obtener el nuevo cultivar INIA 623 Cumbemaíno. La variedad fue inscrita en el Registro de Cultivares Comerciales el 10 de diciembre de 2019. Tiene rendimientos de grano que varían entre 2.4 y 4.1 t ha⁻¹, sus granos son de textura suave, de color amarillo intenso, aptos para consumo en cancha y con buena adaptación a las condiciones de clima y suelo de las áreas productoras de maíz de Cajamarca, Ancash y Amazonas, en altitudes comprendidas entre 2 500 y 3 500 m s. n. m.

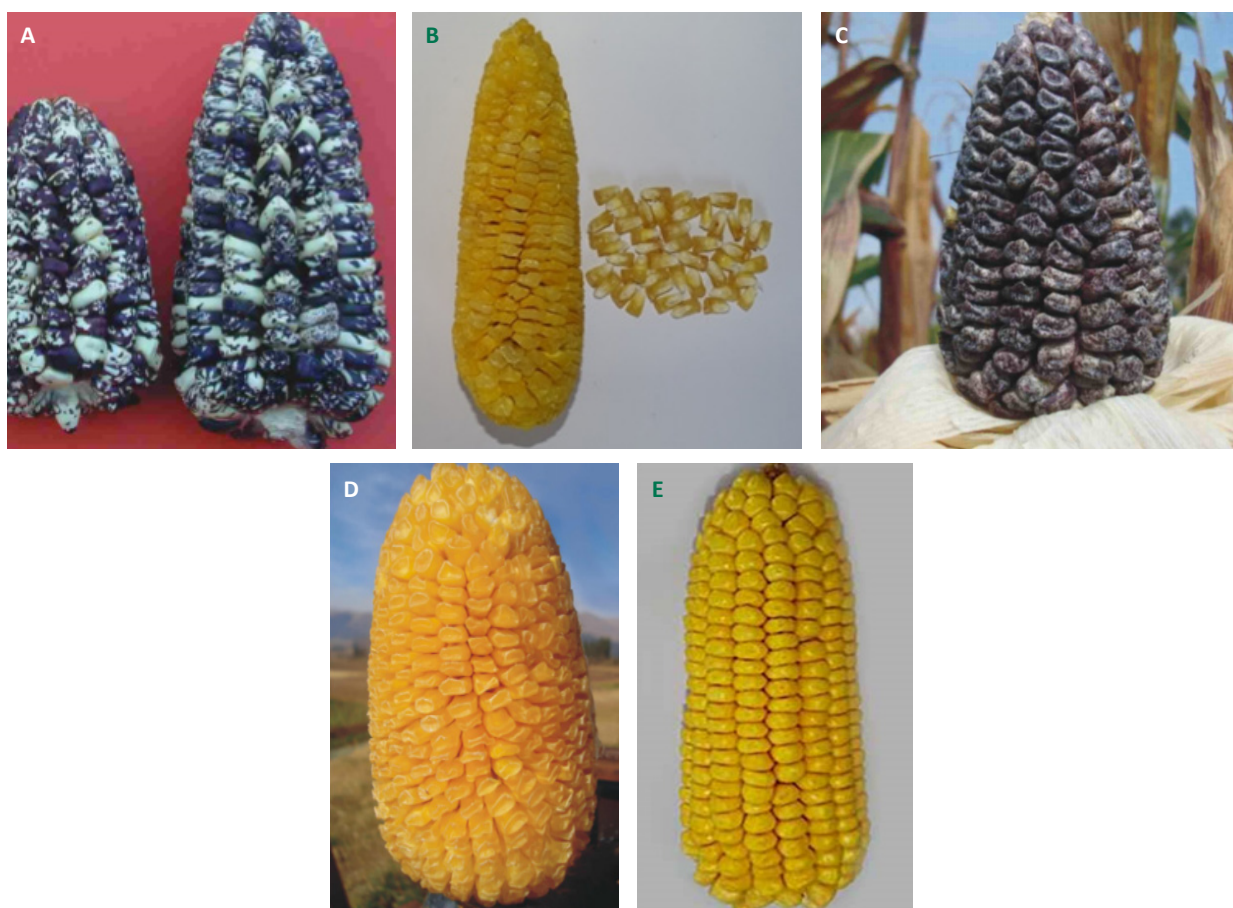


Figura 22. Variedades de polinización libre de maíz amiláceo canchero. INIA 607 CH'ecche Andenes (A). INIA 614 Paccho (B). INIA 621 Pillpe (C). INIA 622 Chullpi Sara (D). INIA 623 Cumbemaño (E).

Fotos: Narro L. T. P y Piña D. P. C.

7.1.3 Variedades especiales

a. INIA 601

En la Sierra peruana existe una amplia variabilidad de maíces con potencial de utilización industrial y de exportación; uno de ellos es el maíz morado que contiene pigmento morado a negro tanto en el grano como en la tusa, conocido como Kulli, Cusco Morado, Morado Canteño, Morado de Caráz o Negro de Parubamba. Este es un tipo de maíz especial al que se le atribuyen propiedades nutracéuticas y antioxidantes, lo que está originando una demanda creciente en el mercado nacional e internacional. La intensidad del color depende de la acción conjunta de varios genes, por ello es muy difícil la introducción de esta característica en variedades de alto rendimiento y amplia adaptación. Sin embargo, la EEA Baños del Inca logró la variedad INIA 601 (Figura 23A) que conjuga bien estas tres características: color, rendimiento y adaptación. Con poca inversión y buena atención al cultivo, el agricultor puede obtener ganancias adicionales con la siembra de esta variedad.

La variedad se empezó a mejorar en 1990 en la Subestación Experimental Cajabamba a partir de la población «Negro» conformada por 256 progenies: 108 de la variedad Morado de Caráz y 148 de la variedad local Negro de Parubamba. Se emplearon seis ciclos de SR de MH con una ganancia promedio de 0.2 t ha⁻¹ por ciclo, incidiendo fundamentalmente en el color morado intenso de tusa, panca y grano, precocidad, prolificidad mayor a 1.5, alto rendimiento, buen tipo de planta y sanidad de mazorca. Fue lanzada como variedad comercial el 29 de marzo de 2000. Recientemente, se ha determinado que con buen manejo agronómico de esta variedad se puede lograr en campos de productores rendimientos superiores a 2.8 t ha⁻¹, mejores al promedio nacional de maíz amiláceo, y un contenido promedio de antocianinas en las corontas y brácteas de 9.36 %. Esta variedad es una alternativa para vincular al pequeño productor de maíz morado con la agroindustria y permitir incrementar sus ingresos (INIA, 2004d).

b. INIA 604 Morocho

En el departamento de Cajamarca se cultiva variedades de maíz de largo periodo vegetativo, de plantas muy altas, propensas al acame y ataque de plagas y enfermedades, y orientadas al autoconsumo. El 25 de abril de 2003 la EEA Baños del Inca lanzó la variedad INIA 604 Morocho (Figura 23B), de amplia adaptación, buen potencial de rendimiento y con excelentes características de grano para consumo humano (chochoca, tamales, mote) así como para la alimentación animal, ya sea en forma directa o como alimentos balanceados por su tipo de grano morocho. INIA 604 Morocho es una variedad derivada del CP VI, cuya constitución genética fue obtenida del antiguo Pool 7 de CYMMYT (CIMMYT, 1982). La variedad está constituida por los siguientes materiales: INIAP 151, Compuesto Racial (CR) Morocho I y II, CR Cusco Cristalino Amarillo I, II, III, CR Piurano, Morocho Ayacuchano, Sintético I, Pool Amarillo Morocho y otros materiales morochos de Ecuador y Perú. Después de su introducción al Perú en 1984, el CP VI se evaluó y seleccionó durante 20 ciclos de SR de MH en las provincias de Chota, Cajabamba y Cajamarca.

INIA 604 Morocho es una variedad de maíz amiláceo de amplia adaptación a las condiciones de la sierra norte del Perú, entre 2 200 y 2 900 m s. n. m. Tiene un alto potencial de rendimiento (8 t ha⁻¹), es de ciclo intermedio (a los siete meses se puede cosechar grano seco, es decir, de 1 a 1.5 meses antes que las variedades locales). Sus plantas no son tan altas como las de los maíces locales, poseen tallo grueso y fuerte que las hace resistentes al tumbado o acame. Puede sembrarse en asociación con frijoles volubles como las variedades Puebla, Gloriabamba y Caballero, muy comunes en Cajamarca (INIA, 2004c).

c. INIA 615 Negro Canaán

Como en toda la sierra del país, en Ayacucho, la producción de maíz morado se realiza en base al uso de variedades introducidas y con tecnología tradicional y media, obteniendo mazorcas de mala calidad, bajo contenido de antocianinas, susceptibles al ataque de plagas y enfermedades y mediana productividad. Para superar estas deficiencias en 1990 la EEA Canaán inició un programa de mejoramiento de la raza

Kully, empleando 36 colecciones de cultivares locales provenientes de las provincias de Huanta (22), Huamanga (8) y San Miguel (6). Se desarrollaron nueve ciclos de SR de MH, después de los cuales se puso a disposición de los productores la variedad de polinización libre INIA 615 Negro Canaán (Figura 23C), lanzada como variedad comercial el 10 de enero de 2008.

INIA 615 Negro Canaán se caracteriza por tener un rendimiento potencial de 9.6 t ha^{-1} y un rendimiento comercial de 7.8 t ha^{-1} , mejor calidad de mazorcas, mayor contenido de antocianina en la tusa y amplia adaptación en los valles interandinos de la sierra: en altitud menor a 2 300 m s. n. m. alcanza la madurez de cosecha a los cinco meses y en altitudes de 2 700 a 3 000 m s. n. m. a los seis meses (INIA, 2007c).



Figura 23. Variedades de polinización libre de maíz amiláceo especial mejoradas. INIA 601 (A). INIA 604 Morocho (B). INIA 615 Negro Canaan (C).

Fotos: Narro L. T. P. y Piña D. P. C.

7.2 Obtención de semilla propia de variedades de polinización libre

Para obtener semilla propia de una VPL de maíz amiláceo el agricultor debe identificar dentro de su chacra una zona con plantas vigorosas, sanas y que no sean «huachas», es decir, que tengan competencia alrededor. El número de mazorcas que seleccione depende de la cantidad de semilla que quiera obtener; no obstante, nunca debe ser menos de 100. Las mazorcas deben ser sanas y completas. Cuando el número de mazorcas es menor, la variedad se «degenera» o deja de tener las características genéticas propias que la distingue de otras variedades.

La selección de las plantas se debe hacer después de la floración, cuando hayan alcanzado su máximo tamaño. Se seleccionan plantas sanas que no tengan tallos débiles ni mazorcas altas. Una buena práctica es marcar las plantas seleccionadas utilizando tiras delgadas de cartulina de colores que se engrapan alrededor del tallo, debajo de la mazorca. Una vez que las mazorcas han sido polinizadas, se recomienda cubrirlas con conos de papel a fin de evitar el ataque de pájaros. Preferentemente, cosechar las mazorcas marcadas antes de la cosecha general, de manera que no se confundan con plantas no marcadas (INIA, 2020).

Debido a la gran diversidad de tipos, razas, compuestos y variedades mejoradas de maíz amiláceo, no es posible determinar cuál es el número estándar de granos por mazorca ni el peso de 100 semillas. Cada variedad es un caso aparte, sin embargo, con fines didácticos, considerando una mazorca cuya producción oscila entre 100 y 150 g de semilla y la densidad de siembra recomendada de 50 kg ha⁻¹, entonces el agricultor deberá marcar alrededor de 500 plantas, y a la cosecha seleccionar 400 a 450 mazorcas sanas que representen a la VPL. Cuando las mazorcas están completamente secas (con un contenido de agua de 14 %), deben ser desgranadas y la semilla tratada con algún insecticida químico para evitar el ataque de gorgojos, principalmente y, almacenada en recipientes herméticamente cerrados, colocados en un lugar seco y fresco, fuera del alcance de roedores. Durante el desgrane es recomendable eliminar la semilla de las «puntas» y de la base de las mazorcas de tal manera de obtener semilla más o menos del mismo calibre, que garantizará una emergencia homogénea de plántulas en la siguiente siembra.

Para obtener semilla de buena calidad se debe elegir campos aislados de otros maíces, ya sea por época o por distancia. De esta manera, se mantendrá la pureza varietal y la garantía de contar con un maíz que tenga mazorcas completamente idénticas a la variedad que se está sembrando.

7.3 Variedades de polinización libre del INIA sembradas en la actualidad

Existen diversas características muy resaltantes que tipifican a los tipos, razas y variedades de maíz amiláceo en el Perú. La Tabla 7 trata de resumir estas características en 13 variedades mejoradas de libre polinización. La principal es la aptitud de consumo: choclo, cancha, harina y refresco; otra es la precocidad, es decir, la duración del ciclo vegetativo de cada uno de ellos: precoz, semiprecoz y tardío; el color de grano: blanco, crema, amarillo, gris jaspeado y morado; forma de la mazorca: cilíndrica, cónica, oblonga; textura de grano: suave, harinosa, vítrea, semicristalina; y, su rendimiento potencial.

Tabla 7.

Cultivares comerciales de maíz amiláceo de polinización libre obtenidas por el INIA y sus características más importantes.

CARACTERÍSTICAS	INIA 603 Choclero	INIA 606 Choclero prolífico	INIA 618 Blanco Quispicanchi	INIA 620 Wari Choclero	INIA 607 Chi ecche Andenes	INIA 614 Paccho	INIA 621 Pilipe Maíz canchero	INIA 622 Chulipi Sara	INIA 623 Canchero Prolífico	INIA 604 Morochu	INIA 613 Amarillo Oro Maíz Cristalino	INIA 601	INIA 615 Negro Canaán
Aptitud de consumo	Choclo	Choclo	Choclo	Choclo	Cancha	Cancha	Cancha	Cancha	Cancha	Harina	Maná	Chicha Morada	Chicha Morada
Altura de planta (cm)	248	176	216 ± 24	228 ± 30	175 ± 18	178 ± 0.23	198 ± 14	250 ± 50	229	227	200 ± 20	216	228 ± 30
Altura de mazorca (cm)	145	85	103 ± 17	125 ± 18	77 ± 22	112	94 ± 10	170 ± 20	123	138	82 ± 20	124	125 ± 18
Forma de la mazorca	Cilíndrica	Cónica	Cilíndrica	Cilíndrica	Cónica oblonga	Ligeramente cónica	Cónica oblonga	Cilindro cónica	Cónica	Ligeramente cónica	Cilindro cónica	Ligeramente cónica	Cilíndrica
Longitud mazorca (cm)	14	14	15 a 25	15 a 25	14.5 ± 1.9	14.5 ± 1.9	10 a 16	10 a 16	15.5 ± 1.98	12 a 15.5	12 a 15.5	17.5	
Color de grano	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Gris púrpura moteado	Crema amarillento	Gris moteado con blanco	Amarillo ámbar	Amarillo intenso	Amarillo anaranjado	Amarillo dorado (oro)	Morado intenso	Negro
Color de tusa	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco cremoso	Bianco	Bianco	Bianco	Bianco	Rosado	Bianco	Rojo oscuro	Morado intenso	Morado oscuro
Número de hileras	8	14	8	8	12 a 24 (16)	14 a 16	14 (12 a 20)	18 a 28	14	14 a 16	8	10 a 12	10 a 12
Textura de grano	Suave harinosa (amiláceo)	Harinosa	Suave harinosa (amiláceo)	Suave harinosa (amiláceo)	Suave	Vitrea amilácea	Suave harinosa (amiláceo)	Semi cristalino	Harinoso	Semiduro	Semi cristalino	Harinosa	Amiláceo
Número de granos / hilera	24	24	24	22	22	25	20 a 22	24 a 28	24 a 28	22	28	26	30 a 34
Peso de 100 granos (g)	100	56	102 a 120	83	62.1	32.9 ± 5.56	54.3	37.6	55	39 ± 5.4	68 a 86.6	45.6	56.9
Relación grano / tusa (%)	88	87	90	86	82	82	89	88	89	82	85 a 90	78	80
Días a floración femenina	110	93	107 a 125	105 a 118	114 a 132	90 a 100	84 a 87	120 a 130	100	109 a 112	100 a 110	98	84 a 92
Días a madurez			240 a 255	165 a 180	190 a 210	155 ± 7.35	150 a 160	250 a 270	165 a 180	210	210 a 230	170	150 a 170
Ciclo vegetativo (número de días)	Semi tardío (210)	Precoz (150)	Tardío (8 a 8.5 meses)	Intermedio (5.5 a 6 meses)	Precoz	Precoz	Tardío (8.5 a 9 meses)	Tardío (8.5 a 9 meses)	Semi tardío (195)	Semi tardío (210)	Tardío	Intermedio	Intermedio
Rendimiento potencial (t/ha)	6	5.3	7	5.2	7.6	3.5	6.3	8.3	3.5	8	8.5	6	9.6
Rendimiento comercial (t/ha)	4	3	5.3	3.5	4.4	1.5	3.7	5.4	2.8	5	6.3	3	7.8

Fuente. Elaboración propia a partir de INIA (2004a, 2004b, 2004c, 2004d, 2005, 2007a, 2007b, 2007c, 2012, 2013a, 2013b, 2014).

A photograph of several ears of corn in a woven basket, overlaid with a large white number 8. The corn is yellow and the basket is made of natural fibers. The background is a plain, light-colored wall.

8

A close-up photograph of several ears of corn in a woven basket. The image is heavily overlaid with a semi-transparent green color. The text is positioned in the lower-left quadrant of the image.

Factores agroclimáticos y edáficos para el cultivo de maíz

8. Factores agroclimáticos y edáficos para el cultivo de maíz

8.1 Factores agroclimáticos

8.1.1 Temperatura

Es el factor más importante en el desarrollo de la planta de maíz, ya que acelera o retarda los procesos metabólicos, haciendo que la planta alargue o acorte su periodo vegetativo (INIA, 2020). Por otro lado, algunas razas y variedades de maíz amiláceo se han adaptado a zonas ecológicas específicas en donde la latitud y, sobre todo, la temperatura juega un papel muy importante. Debido a esto, se ha demostrado que el tiempo necesario que el maíz requiere para pasar de una etapa de desarrollo a otra depende de la cantidad de calor acumulado (Gilmore y Rogers, 1958). Existen varios métodos para calcular el calor acumulado pero el más conocido es el de «Grados de Crecimiento Diario» (GCD) (Gilmore y Rogers, 1958). Esta relación es muy bien empleada y explotada en híbridos de maíz amarillo duro en los cuales la minuciosidad en el cultivo está ligada a la eficiencia del negocio. La fórmula para calcular los GCD es la siguiente:

$$GCD = \frac{(T \text{ mín} + T \text{ máx})}{2} - 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

donde:

T° mín = la temperatura diaria mínima, o 10 °C si la temperatura es menor a 10 °C.

T° máx = la temperatura diaria máxima, o 30 °C si la temperatura es mayor a 30 °C.

La cantidad mínima acumulada en un día sería de 0 GCD si la temperatura permaneciera en 10 °C o menos, durante todo el día. En el otro extremo, la cantidad máxima sería de 20 GCD si la temperatura permaneciera en 30 °C, o más, durante todo el día. Al sumar los GCD de crecimiento acumulados durante un período específico, estos pueden usarse para prever el desarrollo del cultivo. Los GCD se suman desde el día siguiente de la siembra hasta el día de la madurez fisiológica, por lo que se puede determinar su valor en los diferentes estados fenológicos del cultivo (INIA, 2020).

Este método tiene sus limitantes cuando se trata de maíces amiláceos, simplemente porque es difícil calcular la temperatura diaria promedio en la zona andina. Las temperaturas mínimas y máximas del día fluctúan demasiado. El método no toma en cuenta el tiempo que la planta de maíz está expuesta a cualquier temperatura específica durante las partes calurosas o frías del día. En general, en la sierra de Perú el clima es seco y templado con grandes variaciones de temperatura en un mismo día (entre 2 °C y 20 °C), presenta precipitaciones entre 500 y 1 200 mm por año, con heladas durante el invierno y con veranos lluviosos e inviernos secos. Sin embargo, se puede considerar que la temperatura oscila entre 10 y 21 °C, que está 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 de un maíz amiláceo es lento. Con una temperatura mínima de 2 °C y una máxima de 20 °C, solo se llegaría a 5 GCD en condiciones de sierra.

Las altas temperaturas que ocurren a medio día en los meses de mayo a agosto en los valles interandinos (que a veces llegan a 25 °C), donde actualmente se siembra maíz amiláceo para abastecer de «choclos» a las ciudades de la costa, pueden afectar la viabilidad del polen y consecuentemente el rendimiento, siempre y cuando vayan acompañadas de un estrés por falta de agua. En las laderas sobre los 2 300 m s. n. m. la temperatura no sobrepasa los 21 °C a medio día, por lo que los cuidados deben ser centrados en el riego, sobre todo durante la fase reproductiva del cultivo.

8.1.2 Agua

El agua forma parte fundamental en la estructura celular de una planta cualquiera, siendo que su contenido representa aproximadamente el 85 % de su peso, que varía según la especie, la variedad, el tipo o la raza. Es considerada como el vehículo de transporte y distribución de elementos nutritivos, absorbidos por las raíces, para el interior de la planta interviniendo directamente en la reacción fotosintética y formación de fotosintatos.

La falta de agua, en cantidad y momento oportuno, constituyen el factor más limitante para lograr mayores rendimientos en el maíz. En las primeras etapas del cultivo puede reducir el número de plantas por hectárea. En la sierra es muy común la presencia de «veranicos» después de la germinación, lo que ocasiona una reducción en la densidad de plantas por hectárea. La mayor demanda de agua ocurre tres a cuatro semanas antes de la emisión de polen y de los primeros estigmas o barbas, hasta tres semanas después de la floración. La falta de agua en este periodo reduce drásticamente la producción de grano por unidad de superficie (INIA, 2020).

Por otro lado, el exceso de agua también afecta al maíz, sobre todo durante la emergencia y los primeros estadios de crecimiento, cuando el punto de crecimiento aún está por debajo del suelo. Las plantas de maíz son muy susceptibles al encharcamiento que las puede matar por falta de oxígeno. Este estrés se agrava a mediodía cuando la temperatura aumenta, sobre todo en los valles interandinos. El requerimiento de agua depende de las variedades y de las zonas donde se realice las plantaciones, como se verá a continuación.

Casi todas las variedades presentadas en la Tabla 7, normalmente se producen en lugares con precipitaciones que van desde 600 a 700 mm por año. Precipitaciones bien distribuidas durante todo el periodo vegetativo del maíz, igual a 700 mm o 7 000 m³, son suficientes para obtener una buena cosecha. Sin embargo, para que estas variedades expresen todo su potencial de rendimiento es necesario aplicar agua de riego.

Las variedades de ciclo largo (ocho meses a más) como Blanco Urubamba, INIA 618 Blanco Quispicanchi y Chullpi, o Choclero 201, sembradas en Cusco y Cajamarca, respectivamente, requieren riego adicional debido a que las precipitaciones pluviales no son suficientes para completar su ciclo vegetativo. Por ejemplo, en el Valle Sagrado

de los Incas, donde la precipitación es de 500 a 600 mm por año, el cultivo requerirá de riegos complementarios para completar una necesidad hídrica y oportuna de 7 000 a 7 500 m³ de agua durante todo su periodo vegetativo.

En la sierra norte del país, las lluvias que caen entre octubre y marzo son suficientes como para obtener un rendimiento aproximado de 4 t ha⁻¹ en las variedades precoces como Choclero 101, Canchero 401 y Morocho 501, siempre y cuando se emplee un buen paquete tecnológico. Sin embargo, variedades tardías como INIA 603 Choclero, que debe sembrarse a inicios de agosto para que los «choclos» se cosechen a partir de febrero, requieren obligatoriamente de riego (INIA, 2004b).

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).

8.1.3 Radiación solar

Cuando la temperatura, el agua y los nutrientes no son factores limitantes en el crecimiento de un cultivo, la radiación solar es el recurso principal que determina su productividad (Hamdollah, 2012; Totis, 2020). La producción de biomasa muestra una correlación positiva con la cantidad de radiación interceptada por los cultivos (Lindquist et al., 2005). Las plantas producen sus propios alimentos a través de la fotosíntesis. Este proceso utiliza la luz solar, que es captada por la clorofila principalmente en las hojas y usada como energía para convertir, en presencia de agua, el CO₂ de la atmósfera en glucosa y oxígeno. Este compuesto orgánico es utilizado por la planta como fuente energética para otros procesos fisiológicos que originan el desarrollo y crecimiento de los distintos órganos que la conforman, incluyendo el grano (INIA, 2020).

A diferencia del arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum* spp.), soja (*Glycine max*) y todos los árboles, que tienen un metabolismo C₃, el maíz tiene un metabolismo C₄, caracterizado por tener una menor fotorrespiración, por lo que aprovecha más eficientemente el proceso. Las plantas C₃ tienen una mayor respiración en presencia de luz, lo que hace que la fotosíntesis sea menor y, por consiguiente, su potencial productivo también sea menor en comparación con el maíz que es más eficiente en la producción de materia seca.

8.1.4 Fotoperiodo

Es el conjunto de variaciones de iluminación o luz solar que reciben las plantas, pudiendo modificar su germinación y desarrollo. La relación entre la radiación solar y el rendimiento es directa, es decir, a mayor radiación solar, mayor rendimiento y viceversa. 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 debe dejar pasar luz solar, de manera que su follaje la capture casi totalmente. La mejor manera de lograr esto es sembrando a una densidad adecuada (INIA, 2020; Totis, 2020). Una forma de comprobar esto es verificando que, al mediodía, cuando los rayos de sol se proyectan casi verticalmente sobre la tierra, haya sombra total en la superficie del terreno (Figura 24). Días nublados, como ocurre frecuentemente en la sierra, no

favorecen la producción de materia seca por lo que los rendimientos pueden reducirse drásticamente bajo condiciones extremas de pobre radiación solar. Cualquier cultivo de maíz alcanza su máxima tasa de crecimiento recién cuando el área foliar desplegada le permite capturar el 95 % de la luz incidente (Totis, 2020).

Algunos tipos o razas de maíz amiláceo se han adaptado a zonas ecológicas concretas, desarrollando características particulares, como por ejemplo la sensibilidad con respecto a la duración del día y a la temperatura, que limitan su adaptabilidad a zonas con diferente latitud y altitud, un ejemplo claro lo constituye la variedad Blanco Gigante de Cusco. Otros factores son la oportunidad y duración del crecimiento de una variedad, en función de la fecha de siembra, la duración de su ciclo vegetativo y los factores que controlan su desarrollo. Cuanto mayor es la duración del ciclo vegetativo, mayor será la cantidad de radiación incidente, por esta razón las variedades precoces de maíz amiláceo son menos rendidoras que las tardías. De la radiación incidente, sólo la fracción comprendida entre longitudes de onda de 400 y 700 nanómetros es utilizable en el proceso de fotosíntesis (Totis, 2020). En resumen, si el cultivo es mal manejado y tiene baja densidad de plantas por hectárea, difícilmente alcanzará a interceptar el 95 % de la luz solar incidente.



Figura 24. Cultivo de maíz morado de la variedad INIA 601 en la sierra norte del país, con una densidad óptima capaz de capturar el 95 % de radiación solar incidente.

Foto: Chavez C. A.

8.2 Suelos

8.2.1 Características físicas

El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelo, sin embargo, para su adecuado crecimiento y desarrollo, suelos con valores de pH entre 6 y 7 son los adecuados. Rinde más en suelos profundos, ricos en materia orgánica y con buen drenaje. Los suelos aptos para hacer agricultura están compuestos en gran parte por partículas de origen mineral como arena, limo y arcilla (45 %), agua (25 %), aire (25 %) y materia orgánica (5 %); pero la proporción de estos componentes es variable. En conjunto, la proporción en que se encuentran estos tres tipos de partículas le dan al suelo una textura determinada, es por ello la presencia de suelos esencialmente con textura arenosa, limosa y arcillosas. A medida que el contenido de materia orgánica aumenta se mejora la estructura del suelo, ya que esta interviene como aglomerante y estabilizadora de las partículas del suelo, mejorando su capacidad de retención de agua (INIA, 2020).

Suelos profundos y de buena estructura favorecen el desarrollo de un sistema radicular apropiado que permite un anclaje adecuado de la planta de maíz, a la vez que facilita la absorción de nutrientes y agua. Los suelos arcillosos son pesados y retienen mucha agua, que no favorece el crecimiento de las raíces por falta de oxígeno; mientras que los suelos areno-arcillosos, aunque más sueltos que los anteriores, pueden ser peligrosos durante la germinación de las plántulas porque permiten la formación de costras duras en la superficie que impiden la emergencia de estas. La mejor manera de modificar, aunque a largo plazo, la estructura de un suelo en la sierra es con la aplicación de materia orgánica.

8.2.2 Acidez o alcalinidad del suelo

Tanto la acidez como la alcalinidad se miden a través del pH, que expresa la actividad de los iones hidrógeno en una solución. El pH afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, así como a muchos procesos del suelo. Se mide en una escala de 0 a 14 (Figura 25), clasificando a los suelos como suelos extremadamente ácidos (pH < 4.5), fuertemente ácidos (4.5 a 5.5), medianamente ácidos (5.6 a 6), ligeramente ácido (6.1 a 6.5), neutros (6.6 a 7.3), medianamente básicos (7.4 a 7.8), básicos (7.9 a 8.4), ligeramente alcalinos (8.5 a 9), alcalinos (9.1 a 10) y fuertemente alcalinos (pH > 10) (Edafología, 2020). Un suelo óptimo para la agricultura es aquel que tiene un pH entre 5.5 y 7, (Suelos, s.f.). Sin embargo, el rango de los suelos agrícolas de la sierra del país se ubica generalmente entre 4 y 10, referida a los valles interandinos altos y zonas intermedias, ubicados ente 2 200 y 4 000 m s. n. m. Esta región es un área agrícola tradicional, con un uso intensivo hace miles de años, cultivándose principalmente cereales, tubérculos, leguminosas y algunas hortalizas. Las partes altas de pastizales son usadas con fines pecuarios y las partes bajas a cultivos permanentes como frutales (MINAGRI, 2020). El rango más apropiado de pH del suelo depende del cultivo (Tabla 8), siendo que para el cultivo del maíz está entre 5.5 y 6; fuera de este rango, la disponibilidad de la mayoría de los elementos químicos disminuye o también pueden estar en cantidades excesivas produciendo toxicidad, reduciendo en ambos casos la fertilidad del suelo (INIA, 2020).

En suelos con pH menor a 5.5, la actividad de los microorganismos se reduce, y son pobres en calcio, magnesio y potasio, sin embargo, es mayor la disponibilidad de aluminio, fierro y manganeso; en general, los micronutrientes, excepto el molibdeno, se absorben mejor en este tipo de suelos. Suelos ácidos ubicados en la selva alta, entre 500 y 2 200 m s. n. m., con alta saturación de aluminio (> 30 %), bloquean la disponibilidad del fósforo afectando significativamente el rendimiento de grano del cultivo (INIA, 2020).

Escala del pH

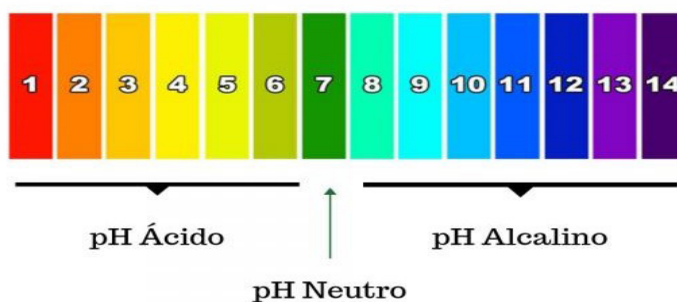


Figura 25. Diagrama didáctico de la escala de pH.⁹

Tabla 8.

Rango de adaptación de cuatro cultivos a diferentes escalas de pH.

Cultivo	(pH)							
	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
Arveja								
Haba								
Maíz								
Papa								

Fuente: Adaptado de Agromatica.es.¹⁰

9 <http://www.edafologia.net/introeda/tema05/ph.htm>

10 https://agroalimentando.com/nota.php?id_notas=799



Un suelo ácido o excesivamente ácido presenta una menor actividad de microorganismos y un menor desarrollo radicular. La asimilación del hierro mejora, pero no lo hace por igual la del fósforo o el nitrógeno. Sin embargo, para que realmente se tengan problemas por acidez del suelo es a partir de valores menores de 5.5. A partir de un pH de 7.5 empiezan los problemas por insolubilización de hierro. Un pH de 9 presenta, aparte de una mínima movilidad del hierro, una alta presencia de carbonato sódico, con los consiguientes problemas físicos y químicos del suelo, haciéndolo muy difícil de cultivar.





9

The image shows four ears of corn arranged on a colorful, patterned blanket. Two ears are yellow, and two are dark purple. The text 'Manejo de cultivo' is overlaid in white on the lower-left portion of the image.

Manejo de cultivo

9. Manejo del cultivo

La producción de maíz amiláceo en la sierra del país, depende de una serie de factores como suelo, clima, labores culturales, factores bióticos (plagas y enfermedades) y factores abióticos (sequía, heladas, granizadas, vientos fuertes, entre otros). Para obtener el potencial productivo de las variedades mejoradas es necesario hacer de forma adecuada y oportuna, un conjunto de trabajos que van desde la preparación del suelo, hasta la cosecha y poscosecha.

9.1 Selección del terreno, muestreo y análisis de suelo

Antes de la preparación del terreno se debe realizar un muestreo de este para determinar las características físico-químicas y, definir qué y cuánto de fertilizantes serán utilizados.

Los objetivos del muestreo para el análisis del suelo son:

- Conocer el nivel de fertilidad de los suelos seleccionados.
- Conocer si los suelos son ácidos, neutros, alcalinos o salinos.
- Determinar la cantidad y tipo de fertilizante que se deben aplicar.

Para hacer un muestreo del suelo se puede utilizar una palana, muestreador, tubo, barreno, lampa o machete. Además, es necesario un balde, manta o saco limpio para mezclar las muestras; bolsas plásticas para recoger el suelo; hojas de papel y lápiz para identificar las muestras. Algunos consejos para tomar una muestra de suelo son:

- Reconocer la zona o sector del terreno para identificarlo de acuerdo con sus características.
- Elaborar un plano o croquis del terreno que se utilizará para la siembra.
- Señalar en el croquis los lotes que muestren condiciones similares de suelo, manejo, drenaje, color, vegetación y pendiente.
- En cada lote, no mayor de tres hectáreas, se debe tomar entre 15 y 20 submuestras, recorriendo el campo en forma de zigzag (Figura 26A) o de X (Figura 26B) para abarcar todo el lote y formar una muestra compuesta.
- Limpiar la superficie del suelo (vegetación, residuos de cosecha, basura).

- Hacer un hoyo en forma de V o cuadrado a una profundidad similar a la profundidad de la hoja de la palana.
- Extraer la palana con una muestra del suelo.
- Juntar las 15 o 20 submuestras extraídas y mezclarlas con cuidado en un balde, manta o costal limpio.
- Para obtener una muestra compuesta homogénea y representativa, se debe formar un cuadrado de 2 cm de espesor, luego dividirlo en cuatro partes. Las partes opuestas se eliminan y las otras dos se juntan y se vuelven a mezclar hasta completar 0.5 kg de muestra.
- Separar 0.5 kg de suelo de cada chacra o lote de terreno en una bolsa y etiquetarla para enviarla al laboratorio. La etiqueta debe tener la siguiente información: fecha de muestreo, nombre del productor, lugar, altitud, nombre de la propiedad, cultivo anterior, cultivo a sembrar y fertilizantes que se aplicaron anteriormente.

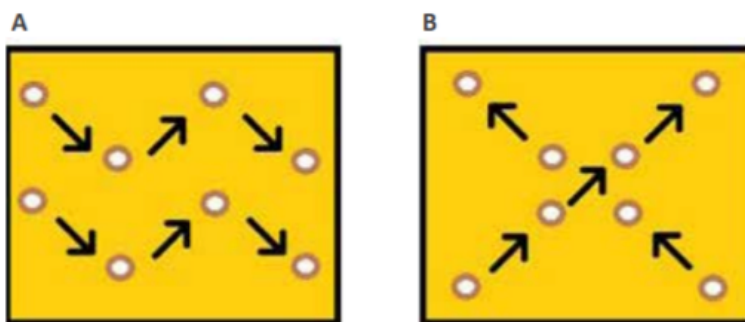


Figura 26. Formas de muestreo de suelo. En forma de zigzag (A). En forma de X (B).

Recomendaciones:

- No mezclar muestras de diferentes chacras o lotes.
- No tomar muestras en áreas donde anteriormente se aplicaron fertilizantes; cerca de la casa; donde exista acumulación de plantas y estiércol; donde se haya quemado rastrojos, de zonas pantanosas o con acumulación de sales; cerca de un árbol o un cerco vivo.
- Seguir cuidadosamente las indicaciones brindadas por el personal del laboratorio donde se realizó el análisis de suelos.

9.2 Preparación del terreno

Esta práctica puede ser definida como la manipulación física (a veces química o biológica) de los suelos para garantizar una buena germinación de la semilla, emergencia de las plántulas y establecimiento definitivo de un cultivo. Para ello, se deben utilizar equipos que minimicen las pérdidas de suelo por erosión, porque en la sierra el país, el tipo de erosión predominante

es la hídrica, cuya intensidad aumenta con el tipo y pendiente del terreno, así como del uso y prácticas no conservacionistas utilizadas. Por otro lado, la erosión producida por las gotas de lluvia favorece el desagregado del suelo y consecuentemente la obstrucción de los poros que, a su vez, ocasionan la disminución de la infiltración del agua en el suelo. Para disminuir las pérdidas por la erosión se recomienda el uso de curvas de nivel y construcción de terrazas.

Los objetivos de la preparación del suelo son:

- Garantizar las condiciones favorables para la distribución, germinación y emergencia de la semilla.
- Enterrar restos vegetales y eliminar malezas.
- Eliminar eventuales capas de compactación que se forma en la superficie del suelo.
- Destruir larvas y pupas de insectos plaga que se encuentran en hibernación.
- Exponer estructuras de hongos y bacterias que se encuentran en el suelo.

Existen dos sistemas para la preparación del terreno: la convencional o tradicional y la no convencional. Los métodos de preparación varían según las condiciones de suelo, el tipo de suelo, el clima, el tipo y los recursos del agricultor, por lo que no es posible definir métodos estándares de labranza que se acomoden a las necesidades de lograr una buena siembra.

9.2.1 Preparación tradicional

Para la siembra del maíz amiláceo, se utilizan dos técnicas; la primera se realiza utilizando «yunta» (Figura 27A) y la segunda empleando un tractor (Figura 27B). Ambas formas tienen ventajas y desventajas. El empleo de yunta se adecúa mejor en terrenos pequeños y con fuertes pendientes como los que predominan en la sierra. Con este tipo de preparación los costos son menores y adecuados a la condición económica familiar de los agricultores de dicha región. En los últimos años está aumentando el uso de tractor, que se torna práctico y económico, sobre todo en los valles interandinos donde hay grandes extensiones más o menos planas y donde hay dificultad para conseguir la «yunta» en el momento oportuno de preparar el terreno.



Figura 27. Preparación convencional de terreno con «yunta» (A) y con tractor (B).

Fotos: Villantoy P. A.

Independientemente de la técnica empleada en la preparación de terreno (con «yunta» o tractor), se recomienda aplicar un riego profundo o de machaco y, cuando el suelo este con humedad adecuada, arar, cruzar y rastrar adecuadamente utilizando la «yunta», esto para que el suelo quede mullido y nivelado, lo cual permitirá que en la siembra la semilla sea colocada a una misma profundidad y la emergencia de plántulas sea uniforme para lograr un adecuado crecimiento y desarrollo.

Se recomienda preparar el suelo por lo menos con dos a tres meses antes de la siembra, con la finalidad de conseguir la descomposición de los residuos vegetales de la cosecha anterior.

Se debe tener en consideración, que el movimiento mecánico del suelo modifica su estructura, reduciendo la densidad del suelo y aumentando su porosidad. Sin embargo, la pasada de maquinaria después de la siembra, tiende a compactarlo nuevamente, por lo que el uso excesivo de arados puede ser muy perjudicial, puesto que modifican las propiedades físicas del suelo, creando condiciones desfavorables para el desarrollo radicular que afecta la productividad del cultivo. Se recomienda el uso de subsoladores, cada tres o cuatro campañas, para romper la capa compacta que se forma debajo de la capa arable; la profundidad del subsolado es mejor determinarla por medio de calicatas.

Otro aspecto a tomar en consideración, es la incorporación de rastrojos de la cosecha anterior como parte de la preparación del terreno. En suelos con contenidos bajos de materia orgánica (< 2 %), mejora la capacidad de retención de agua y rompe ciclos biológicos de plagas y enfermedades. Es importante enfatizar el no uso de malas prácticas conservacionistas del suelo como la quema de rastrojos, ya que perjudica a la población microbiana del suelo, reduce su capacidad productiva y contamina el ambiente. Otra alternativa para la incorporación de residuos orgánicos al suelo es sembrar leguminosas en rotación con el maíz, principalmente aquellas que se venden en verde como arveja (*Pisum sativum*) y frijol (*Phaseolus spp.*), de manera que, una vez cosechado el producto, el rastrojo se quede en la chacra y se incorpore al suelo. Esta decisión la toma el agricultor, teniendo en cuenta que esta operación sube sus costos al tener que contratar mano de obra adicional para el «chaleo» del rastrojo, y

también podría dejar de ganar dinero al no vender o vender un menor volumen de su rastrojo como forraje.

9.2.2 Preparación no convencional

En la década de 1960 se ideó el llamado sistema de «labranza cero» para sembrar maíz, gracias al advenimiento de herbicidas con efectos residuales como la atrazina, que inhiben la fotosíntesis. Actualmente, aún sin el uso de herbicidas se puede hacer labranza cero, para lo cual se debe realizar un manejo adecuado de los residuos de las plantas usadas como cobertura del suelo, las cuales por efecto de la sombra controlan el desarrollo de las malezas (Paliwal et al., 2001).

Este sistema de labranza disminuye o elimina el movimiento del suelo antes de la siembra, evitando su erosión o pérdida por el viento o por el agua de riego y la compactación que se produce con el paso continuo de maquinaria. Si en un campo se siembra maíz cada año, después de la cosecha se debe hacer el barbecho del suelo para romper el ciclo biológico de los patógenos que causan enfermedades, así como de los insectos plaga, dejando de esta manera preparado el suelo hasta la época de siembra. Para la siembra el suelo debe prepararse lo mejor posible, ya sea con el arado de palo (arado andino) halado por bueyes o con el arado y rastra tirado por el tractor.

9.3 Época de siembra

La época de siembra del maíz amiláceo en la sierra es muy variable ya que depende del ciclo vegetativo de la variedad, región y altitud. En laderas, la época es diferente que en los valles interandinos. En general, esta es influenciada por la disponibilidad de agua, que es suministrada por precipitaciones pluviales y por agua de riego.

En algunos lugares se adelanta la fecha de siembra con la finalidad de cosechar entre los meses de diciembre a febrero, que es la época de mayor demanda de «choclo». En la sierra norte, con el cambio del clima, se ha acortado el periodo de lluvias, aumentando su intensidad. De continuar este fenómeno en los próximos años, será necesario, modificar la fecha de siembra del maíz amiláceo.

En general, en la sierra sur la época de siembra es más anticipada que en el norte. En Cusco, la época adecuada de siembra bajo riego va desde agosto hasta la segunda semana de septiembre para variedades tardías como Blanco Urubamba en las provincias de Calca y Urubamba, e INIA 618 Blanco Quispicanchi, en la provincia de Quispicanchis (Jara, 2012a). Las variedades de ciclo intermedio como INIA 607 Ch'ecche Andenes e INIA 613 Amarillo Oro, que se siembran bajo riego en zonas por encima de los 3 000 m s. n. m., la época de siembra es la primera quincena de setiembre. La época adecuada de siembra de las variedades precoces (ciclo menor a 6 meses), que dependen exclusivamente de las lluvias, es en el mes de octubre y la primera semana de noviembre (Jara, 2014).

El maíz morado se puede sembrar entre los 1 200 y 3 000 m s. n. m. La época más propicia de siembra de este maíz en la sierra, comprende desde agosto hasta octubre. En los valles interandinos (2 000 a 2 800 m s. n. m.) el maíz morado se puede sembrar en julio, siempre y cuando exista agua de riego (campaña chica) o de octubre a noviembre en campaña grande.

9.4 Semillas

9.4.1 Uso de semilla de calidad

La semilla es un insumo esencial de la producción que permite tener mayor eficiencia en el uso de los recursos como tierra, agua, agroquímicos y mano de obra, ya que es la base de la agricultura para la obtención de mayores rendimientos. La decisión de qué variedad de polinización libre sembrar está relacionada con el destino de la cosecha, ya sea para choclo, mote, cancha, humita, chicha u otros. La correcta elección de la variedad contribuirá al éxito de la producción. En cualquiera de los casos, para obtener buenos resultados se recomienda al agricultor utilizar semilla de buena calidad y si esta es certificada mejor aún.

La producción de semillas se rige por una serie de normas a ser cumplidas para ser catalogadas como tal. En este sentido, es recomendable siempre el uso de semillas certificadas, obtenida por productores debidamente acreditados en el Registro de Productores de Semilla que conduce la Autoridad en Semillas. Se debe recordar que toda persona natural o jurídica que se dedique a la producción de semillas y cumpla con los requisitos establecidos en la Ley General de Semillas y sus Reglamentos, tiene derecho a obtener su inscripción en dicho Registro.

Una semilla de buena calidad debe estar libre de plagas (como gorgojos) y enfermedades (como Fusarium), ser de tamaño uniforme (excluyendo las semillas pequeñas de la punta y las semillas muy grandes de la base de la mazorca), tener alto poder germinativo y proceder de plantas sanas y vigorosas seleccionadas durante la floración, sea certificada o no. Si se intercambia o compra semilla de los vecinos, que sea del mejor agricultor.

En general, en el Perú es evidente 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 o razas. Las razas se comportan mejor en sus lugares de origen y adaptación, aunque a veces por razones económicas se fuerza la adaptación de razas como Cusco Gigante, lo que crea situaciones que no son sostenibles a mediano plazo.

El intercambio de semilla dentro de la comunidad es una costumbre generalizada en la sierra. Los agricultores, que conservan sus cultivares criollos a través del tiempo, reconocen las razas y seleccionan los tipos raciales para producir su propia semilla y especializar su consumo o para satisfacer al mercado. La semilla de sus cultivares son conseguidas por medio de compras, intercambios, regalos, préstamos y apropiación (MINAM, 2018).

9.4.2 Tratamiento de la semilla

En general, no es una costumbre tratar la semilla de maíz amiláceo, sin embargo, para asegurar la densidad planificada de plantas en un suelo arcilloso que retiene mucha humedad, se debe tratar la semilla con algún fungicida en polvo o mojable a

base de Carboxim y Thiram, a fin de prevenir pudriciones por Fusarium durante la germinación y emergencia.

En caso de existir presencia de larvas en el suelo, el tratamiento con insecticida en polvo a base de Imidacloprid o, en suspensión concentrada, a base de Clotianidin y en suspensión de microcápsulas que contengan Teflutrin son recomendables por lo menos una hora antes de la siembra, esto evitará que las larvas o gusanos coman el embrión y las plántulas. Siempre se debe usar la dosis recomendada en el envase de los pesticidas.

Para realizar el tratamiento de las semillas, estas deben ser extendidas sobre una manta plástica y humedecidas uniformemente con la ayuda de una atomizadora manual o regadera. La persona que realiza la aplicación del producto químico debe cubrirse la boca y nariz con una mascarilla o tela, y sus manos con guantes de jebe o con bolsa de polietileno para evitar cualquier intoxicación. Luego, la aplicación del producto sobre las semillas debe ser uniforme y según la dosis recomendada. Finalmente, con una palana o un azadón, realizar la mezcla del producto con las semillas hasta quedar uniforme; dejar secar u arear para posteriormente proceder a la siembra (Jara, 2014).

9.5 Siembra

De manera general, para lograr una buena germinación y emergencia de plántulas es preferible sembrar en suelo bien preparado y ligeramente húmedo (en capacidad de campo), colocando las semillas a la misma profundidad. En el Perú son ampliamente utilizados tres tipos de siembra: tradicional, semimecanizada y mecanizada.

9.5.1 Siembra tradicional

En la sierra, la mayor parte de los productores practican la llamada «siembra a cola de buey» (Figura 28), que consiste en «rayar» el terreno con la «yunta», después de que este fue preparado convenientemente. El «gañán» o persona que maneja la «yunta» debe formar bien los surcos, preferentemente distanciados a 0.80 m y, 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. Un buen «gañán» puede compensar o disminuir los efectos adversos de una pendiente fuerte con la formación de «guaguas» o surcos cortos que disminuyen la velocidad del agua cuando llueve con intensidad o se riega por gravedad.

Otra persona distribuye la semilla en la «raya» dejada a la ida por la «yunta», soltando aproximadamente de 6 a 8 semillas por metro. Al regresar la «yunta», esta tapa la semilla. Este es el momento para aplicar el abono orgánico que se acumuló en la chacra, guano de corral y compost bien descompuestos, aplicados a «chorro continuo» sobre las semillas para luego taparlas adecuadamente con el arado.

Con este sistema, no se tiene un buen control de la profundidad de siembra, así como del número de semillas que se debe sembrar para tener la densidad o número de plantas adecuadas. Sin embargo, se adapta bien al trabajo familiar, ya que el «gañán» es un miembro de la familia, generalmente el papá y el que distribuye la semilla es la esposa o los hijos.

Se recomienda preparar el suelo después de la cosecha (barbecho) o por lo menos de 2 a 3 meses antes de la siembra, con la finalidad de conseguir la descomposición de los residuos vegetales de cosecha.



Figura 28. Siembra de maíz «a cola de buey» en un campo experimental.

Foto: Villantoy P. A.

9.5.2 Siembra semimecanizada

Una vez preparado el terreno y con una humedad adecuada, formar surcos distanciados entre 0.80 y 0.85 m, empleando una surcadora halada por un tractor. En los surcos se distribuyen 8 a 10 semillas por metro, espaciadas a igual distancia. El abono orgánico como gallinaza, compost, estiércol descompuesto o guano de islas, o la mezcla de fertilizantes químicos deben aplicarse en la costilla del surco en forma corrida. Otra forma de siembra consiste en colocar tres semillas en golpes distanciados a 0.40 o 0.50 m, y el abono o la mezcla de los fertilizantes entre golpe y golpe, a 5 o 10 cm de la semilla.

En cualquier caso, si se dispone de poca cantidad de estiércol bien descompuesto, aplicarlo sobre las semillas en forma corrida o localizado sobre cada golpe. El tapado se realiza en forma manual con azadones y palanas o con el paso de la surcadora complementada con un tablón o riel.

9.5.3 Siembra mecanizada

Este sistema de siembra se justifica en terrenos amplios y de poca pendiente como los que existen en los valles interandinos (Quispicanchi, Valle Sagrado de los Inca, Mantaro, San Marcos, Condebamba). Son utilizadas sembradoras abonadoras que se calibran para distribuir las semillas a un distanciamiento predeterminado para obtener la densidad



planificada, y 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 plántulas. Este tipo de siembra es importante porque es realizado en menor tiempo (1.5 a 2 h ha⁻¹) con tres personas más el tractorista.

9.6 Número de plantas por hectárea

La densidad de siembra recomendada para cualquier variedad mejorada de maíz es normalmente de 20 a 30 % menos que la densidad identificada cuando la variedad crece bajo condiciones experimentales óptimas. Como los cultivares difieren en precocidad (días a floración), respuesta a la época de siembra, altura de planta, resistencia al tumbado o acame, al tipo de planta y, debido a que las condiciones de crecimiento varían en función de la fertilidad del suelo, dosis de fertilizantes, humedad, efectos de factores bióticos y abióticos; la densidad de siembra, así como el espaciamiento entre surcos y plantas deben ser determinados para cada caso.

Otro factor determinante es el destino final de la cosecha (Tabla 9); la densidad de siembra para «choclo», por ejemplo, es diferente cuando el destino final es grano o chala. La asociación con otros cultivos como el frijol (*Phaseolus vulgaris*) o algunas cucurbitáceas como el «chiclayo» (*Cucurbita ficifolia* Bouché) y la caigua andina (*Cyclanthera pedata*), también influye en la densidad de siembra del maíz (Leiva et al., 2015). La calidad de la semilla a obtener, también debe ser considerada cuando se defina la densidad de plantas.

Tabla 9.

Densidad de siembra de quince variedades de maíz amiláceo.

Cultivar	Densidad de siembra (kg ha ⁻¹)	Destino final de la cosecha
Canchero 401	35	Cancha
INIA 607 Ch'ecche Andenes	50 - 60	Cancha
INIA 614 Paccho	25	Cancha
INIA 621 Pillpe	40 - 45	Cancha
INIA 622 Chullpi Sara	35 - 40	Cancha
INIA 601	35	Chicha Morada
INIA 615 Negro Canaán	40 - 45	Chicha Morada
Choclero 101	35	Choclo
INIA 603 Choclero	50	Choclo
INIA 606 Choclero Prolífico	55 - 60	Choclo
INIA 618 Blanco Quispicanchi	100 - 120	Choclo
INIA 620 Wari	55 - 60	Choclo
Blanco Urubamba (Blanco Gigante del Cusco)	80 - 120	Choclo
Morocho 501	35	Harinas precocidas
INIA 604 Morocho	35	Harinas precocidas

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (2004a, 2004b, 2004c, 2004d, 2005, 2007a, 2007b, 2007c, 2012b, 2013a, 2013b, 2014a).

En variedades tardías con plantas altas y mayor número de hojas como Blanco Urubamba e INIA 618 Blanco Quispicanchi, la densidad óptima es 50 000 plantas ha⁻¹, y en variedades como INIA 613 Amarillo Oro, Morocho 501, INIA 603 Choclero, INIA 607 Ch'ecche Andenes y variedades similares, con buena fertilización, es mejor tener 62 500 plantas ha⁻¹. En ambos casos, la distancia recomendada entre surcos es 0.8 m.

Para llegar a una densidad de 50 000 plantas ha⁻¹ se debe tener una planta cada 0.25 m, y para 62 500 plantas ha⁻¹ una planta cada 0.20 m. Cuando se siembra a «chorro continuo» se debe dejar 6 a 8 semillas m⁻¹, en este caso se utilizará de 90 a 110 kg ha⁻¹ de semilla en variedades chocleras y aproximadamente 65 kg ha⁻¹ de semilla en variedades cancheras o de maíz morado, cuyos granos son más pequeños. Cuando se quiere una alta densidad, conservando el distanciamiento de siembra entre surcos de 0.80 m y entre golpes de 0.50 m; se debe sembrar 3 semillas por golpe para tener una población de 75 000 plantas ha⁻¹ (Tabla 10); en este caso la cantidad de semilla requerida es de 35 a 40 kg ha⁻¹.

Tabla 10.

Cantidad de plantas por hectárea de acuerdo con el distanciamiento de siembra y número de plantas por golpe.

Distancia entre surcos (m)	Distancia entre golpes (m)	N° de plantas por golpe	N° de plantas por hectárea
0.80	0.20	1 [†]	62 500
0.80	0.40	2	62 500
0.80	0.45	2	55 556
0.80	0.50	2	50 000
0.85	0.20	1 [†]	58 824
0.85	0.40	2	58 824
0.85	0.45	2	52 288
0.85	0.50	2	47 059
0.85	0.50	3	70 588
0.85	0.18	1 [†]	65 359

† una planta en siembra mecanizada

Fuente: INIA (2012a).

Para producir «choclo» se puede emplear una densidad de 40 000 plantas ha⁻¹. Cuando se siembra con una densidad mayor las plantas crecen mucho por la competencia entre ellas, se tumban, dan plantas sin mazorcas o las mazorcas y los granos resultan de menor tamaño.

La densidad de siembra es de mucha importancia en la producción de maíz morado. Con este tipo de maíz conviene tener una población de 62 500 plantas ha⁻¹ para cosechar mayor número de mazorcas, pues así se logrará alto rendimiento de tusas o corontas de las cuales se extrae antocianinas, cuyo precio actual en el mercado internacional hace que los ingresos por hectárea sean de dos a tres veces más que cuando se siembra maíz para grano o choclo.

9.7 Desahije

Es una práctica que se realiza cuando se coloca más de dos semillas por golpe (Figura 29). La práctica consiste en dejar las dos mejores plantas y eliminar las de menor tamaño, plantas atacadas por insectos y plantas que contengan otros defectos fisiológicos. El desahije debe ser realizado entre 20 y 30 días después de la siembra, cuando las plantas tienen dos a tres hojas extendidas. Es recomendable realizarlo cuando el terreno presenta adecuada humedad, esto para evitar el secado de las plantas y daños a las raíces de plantas vecinas.



Figura 29. Desahije o entresaque de plantas.

Foto: Narro L. T. P.

9.8 Aporque

Consiste en la acumulación de tierra alrededor de la planta con la ayuda de una lampa, (Figura 30) y se realiza entre 50 y 60 días después de la siembra. Esta labor es importante ya que estimula el desarrollo de raíces adventicias que evita el acame o tumbado de la planta y favorece la absorción de nutrientes, por lo tanto, debe ser realizada con cuidado para evitar el daño del sistema radicular.

En el momento del aporque se puede realizar la aplicación y el tapado de la segunda dosis de fertilizante nitrogenado, como urea o nitrato de amonio, para evitar pérdida por volatilización.



Figura 30. Aporque con lampa en la variedad INIA 623 Cumbemaíno y segunda aplicación de fertilizante

Foto: Narro L. T. P.

9.9 Riego

El maíz, para su adecuado desarrollo requiere alrededor de 700 mm de lluvia, lo que torna importante la reducción de la competencia de las malezas durante todo su ciclo vegetativo. Sin embargo, dependiendo de la zona y el tipo o raza de maíz, si el perfil del suelo está en su capacidad de campo en el momento de la siembra; 350 a 400 mm de lluvia bien distribuidos durante el ciclo vegetativo serán suficientes para producir una buena cosecha.

Al aplicar el riego después de la emergencia, estimula el desarrollo del sistema radicular y, por lo tanto, el crecimiento de la plántula, así también, el volumen total de agua que requiere el cultivo depende del ciclo vegetativo y de la variedad, que puede ser precoz, intermedio o tardío, sin embargo, el incremento en la frecuencia del riego se da durante el estado de floración y formación del grano.

No siempre los 700 mm de lluvia que caen en la sierra se distribuyen uniformemente para brindar una buena cosecha, pues a veces se presentan «veranicos o veranillos» en épocas críticas del cultivo, en los cuales la falta de agua puede reducir significativamente los rendimientos y más aún cuando son acompañados de «heladas». La germinación, emergencia y desde la emisión de polen hasta el estado de grano lechoso, son épocas críticas para el cultivo de maíz amiláceo, pues se puede perder hasta 50 % de la producción de grano si no existe suficiente humedad en el suelo.



10

A collection of ripe yellow corn cobs is displayed on a woven basket. The cobs are arranged in a somewhat circular pattern, with some showing their characteristic rows of kernels. The entire image is overlaid with a semi-transparent green filter. The word "Fertilización" is written in white, bold, sans-serif font across the middle of the image.

Fertilización

10. Fertilización

La fertilización del maíz es una labor tan importante como las anteriores pero que por su amplitud merece ser tratada en capítulo aparte.

Para obtener una buena cosecha de maíz es inevitable fertilizar el suelo ya que, la cantidad de nutrientes que el cultivo extrae es alta. Se ha calculado que, en general, para un rendimiento de 2 t ha^{-1} de grano, la cantidad de nutrientes extraídos puede llegar a 40, 9, 33, 7 y 5 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (Paliwal et al., 2001); mientras que cuando el rendimiento es de 8 t ha^{-1} , potencial de rendimiento de la mayoría de variedades de polinización libre generadas por el INIA, los nutrientes extraídos pueden llegar a 100, 18, 68, 18 y 14 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente (Quevedo, 2013). En el caso de una variedad de maíz amiláceo como Blanco Urubamba, se ha calculado que una cosecha de 6 t ha^{-1} de grano, sin incluir la materia seca, puede extraer 84, 50, 32, 10 y 8 kg ha^{-1} de N, P, K, Mg y S, respectivamente. Incluida la materia seca, la extracción asciende a 214, 80, 267, 62 y 28 kg ha^{-1} de N, P, K, Mg y S, respectivamente (Quevedo, 2013). Para lograr las 6 t ha^{-1} , los productores del Valle Sagrado tienen la costumbre de combinar una fertilización química en base a una fórmula 180-100-80 de N-P-K más 3 t ha^{-1} de estiércol. Si siembran y no fertilizan solo podrán lograr 1.1 t ha^{-1} , en cuanto que, con la aplicación de solo 3 t ha^{-1} de estiércol (30-30-30 de NPK) el rendimiento sería de 2.4 t ha^{-1} de grano (Quevedo, 2013).

El requerimiento nutricional del maíz es alto, en comparación a otros cultivos. Por cada tonelada de grano cosechado se requiere aproximadamente 30 a 35 kg de nitrógeno (N), 10 a 13 kg de fósforo (P_2O_5), y 40 a 45 kg de potasio (K_2O) (Quevedo, 2013). Adicionalmente, hay un consumo significativo de calcio, magnesio, azufre y micronutrientes (zinc, boro, manganeso, hierro, cobre, cloro, y molibdeno), en cantidades mucho menores, pero no por eso son de menor importancia (INIA, 2020), ya que todos estos nutrientes cumplen un rol importante en el crecimiento y desarrollo de la planta.

10.1 Macronutrientes

10.1.1 Nitrógeno (N)

Es el elemento que da vigor a las plantas, favorece la fotosíntesis, el crecimiento y la acumulación de proteínas en el grano. El N en el suelo se encuentra en forma orgánica, y para ser absorbido por la planta es necesario la mineralización de los residuos orgánicos, la cual es realizada por microorganismos del suelo. Su absorción se realiza en todo el ciclo vegetativo, sin embargo, es mayor en la etapa de floración. Por esta razón, se recomienda aplicarlo en forma fraccionada, para el mejor aprovechamiento por la planta.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta en la fertilización es la elección de la fuente de N a utilizar (Tabla 11). Se debe considerar el porcentaje de N en el fertilizante ya que estos varían en su composición.

Tabla 11.

Fertilizantes nitrogenados disponibles en el mercado.

Fertilizante	% de N
Urea	46
Sulfato de amonio	20
Nitrato de amonio	33
Guano de islas	10 a 14
Gallinaza	30 a 35
Estiércol de vaca	14 a 15

Fuente: Elaboración propia.

La deficiencia de N en la planta de maíz se manifiesta con el amarillamiento de las hojas en forma de «V» invertida (Figura 31), que va 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, se generaliza en todas las hojas de la planta.



Figura 31. Deficiencia de nitrógeno (hojas amarillentas en forma de V invertida)

Fuente: Chad Lee, Universidad de Kentucky.¹¹

11 <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/guia-de-fertilizantes-nitrogenados-para-cultivos>

10.1.2 Fósforo (P)

Es el elemento que le da energía a la planta, favorece el desarrollo de las raíces y la formación de las mazorcas. El P se encuentra en la planta de maíz en cantidades menores que el nitrógeno y el potasio. Está distribuido en toda la planta (80 % en la semilla y el 20 % restante distribuidos en el tallo, hojas y brácteas). La mayor exigencia de P ocurre durante la floración.

Para que el P sea absorbido, este nutriente debe estar disponible en la solución del suelo, donde su concentración normalmente es muy baja. No obstante, a medida que es absorbido se da la reposición por parte del P lábil (fósforo adsorbido, en equilibrio con el fósforo de la solución). Su movimiento hasta la zona radicular es a través de difusión. La densidad de raíces es un factor muy importante en la absorción del fósforo, ya que 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 y de ciclo corto, requieren mayor nivel de P en la solución y una reposición más rápida de P adsorbido, que plantas de cultivos perennes. Su deficiencia en la planta de maíz amiláceo es observada con la aparición de una coloración verde oscuro o rojizo púrpura (Figura 32), en el borde de las hojas inferiores afectando el crecimiento de la planta y el desarrollo del sistema radicular.



Figura 32. Deficiencia de fósforo en la planta de maíz

Fuente: Intagri.¹²

Los fertilizantes fosfatados más utilizados con su respectivo porcentaje de fósforo en forma de P_2O_5 (Tabla 12), son fácilmente encontrados en el mercado nacional.

12 <https://www.intagri.com/articulos/cereales/fertilizacion-fosforica-en-maiz>

Tabla 12.

Fertilizantes fosfatados disponibles en el mercado.

Fertilizante	% P ₂ O ₅
Fosfato di amónico	46
Fosfato mono amónico	50
Superfosfato triple	46
Superfosfato simple	21
Guano de las islas natural	10 a 12
Gallinaza	30 a 32
Estiércol de vaca	14 a 16

Fuente: Elaboración propia

10.1.3 Potasio (K)

Es el catión más abundante en la planta que brinda consistencia al tallo y hojas, generando tolerancia o resistente al tumbado, al ataque de enfermedades, heladas y sequía, mejorando la calidad de granos. Su absorción es relativamente lenta hasta los 30 días después de la emergencia de la plántula, aumentando considerablemente a partir de ese período y manteniéndose constante durante 20 a 25 días, que coincide con la floración.

Su deficiencia genera quemaduras de coloración café en el borde de las hojas próximas al suelo (Figura 33) y en etapas avanzadas, se observa la ausencia de granos en la punta de las mazorcas que serán de poco valor comercial (la punta no llega a llenar, es decir, tiene pocos granos y la mazorca en general se estrechan y terminan en punta). La deficiencia de K se acentúa en suelo muy arenosos y cuando hay sequía. Los principales fertilizantes potásicos y su porcentaje de K₂O se muestran en el Tabla 13.



Figura 33. Síntoma de deficiencia de potasio en las hojas de maíz.¹³



Tabla 13.

Fertilizantes potásicos y su porcentaje de K_2O .

Fertilizante	% de K_2O
Sulfato de potasio	50
Sulfato de potasio y magnesio	28
Cloruro de potasio	50
Cloruro de potasio	60
Nitrato de potasio	44
Guano de las islas natural	2 a 3
Ceniza de madera	4

Fuente: Adaptado de INTAGRI (2017).

10.1.4 Azufre (S)

Se presenta en el suelo en forma inorgánica (sulfatos y sulfitos) y orgánica, como componente de la materia orgánica. A pesar de ser absorbido en la forma oxidada, es reducido en el interior de la planta formando aminoácidos y enzimas, sobre todo en la clorofila. El S puede ser aplicado directamente en el suelo, en la forma de azufre elemental, Sulfato de calcio o como componente de otros fertilizantes (Urbano, 2001). El principal fertilizante que contienen azufre es el sulfato de potasio (18 % de azufre).

Su movilidad hacia el interior de la planta es muy baja, por lo que su deficiencia en las plantas se visualiza principalmente en las hojas más nuevas. En este caso, las hojas aparecen con una coloración variable, entre el verde claro y amarillo. En las hojas más viejas, debido a la acumulación de antocianinas, se puede observar la aparición del color púrpura (Urbano, 2001).

10.1.5 Calcio (Ca)

En general, los suelos agrícolas de la sierra del país no son deficientes en Ca. Su disponibilidad se encuentra limitada en suelos muy ácidos, que no son los adecuados para la siembra de maíz amiláceo y que se ubican en la cadena oriental de los Andes o selva alta. Este nutriente, es imprescindible en la formación de las paredes celulares, además de estimular el desarrollo del sistema radicular. Su deficiencia puede ocasionar dificultad para que las hojas se desenrollen quedando unidas por las puntas (INIA, 2020).

10.1.6 Magnesio (Mg)

Cuando una planta sufre por deficiencia de magnesio, presenta un rayado amarillento y un color púrpura en los bordes y la punta de las hojas. Los suelos donde se siembra maíz amiláceo en la sierra del país no son deficientes en este elemento; no obstante, puede ser deficiente en suelos de regiones con alta precipitación pluvial. El Mg es

importante en la formación de la clorofila, por lo tanto, lo es en el aumento de la actividad fotosintética (INIA, 2020). Una cantidad excesiva de magnesio, puede resultar limitante para la absorción de calcio por la planta.

10.2 Micronutrientes

La mayoría de los micronutrientes constituyen compuestos claves en el metabolismo de las plantas o esenciales para el funcionamiento de sistemas enzimáticos. Las cantidades de estos nutrientes, requeridos por la planta, son muy pequeñas, en relación a los macronutrientes. La deficiencia puede tener efecto en la desorganización de procesos metabólicos (Tabla 14). Una aplicación en exceso puede ser más perjudicial a la planta que la propia deficiencia.

Entre los micronutrientes más importantes tenemos: boro, cobre, manganeso, hierro, molibdeno y zinc.

Tabla 14. Síntomas de deficiencia de cuatro micronutrientes en la planta de maíz.

Elemento	Síntomas de su deficiencia en maíz
Boro	Hojas jóvenes con puntos amarillentos en relieve entre las nervaduras. Los entrenudos se acortan y se detiene el crecimiento de la planta. Reducción del tamaño de la mazorca y en el llenado del grano.
Zinc	Hojas jóvenes con clorosis en forma de bandas blanquecinas paralelas a la nervadura central empezando en la base.
Cobre	Decoloración amarillenta entre las nervaduras de la base de las hojas. Se confunde con la deficiencia de nitrógeno y azufre.
Hierro	Hojas con zonas necróticas en sus márgenes y puntas.
Manganeso	Lesiones blancas entre las nervaduras de las hojas que le dan aspecto clorótico. Hay un débil crecimiento de la planta.

Fuente: Adaptado de yara.com.pe.¹⁴

14 <https://www.yara.com.pe/nutricion-vegetal/maize/deficiencias-maiz/deficiencia-de-hierro-maiz/>



10.2.1 Boro (B)

Está relacionado al transporte de fotosintatos desde las hojas hacia los granos e interviene en la formación de la panoja y la viabilidad del polen. La deficiencia excesiva de este elemento puede reducir el tamaño de mazorca y ocasionar un mal llenado de grano. En terrenos con alto contenido de materia orgánica no aplicar este elemento al cultivo.

10.2.2 Zinc (Zn)

Su deficiencia origina retraso en el crecimiento de la planta. Las hojas tienen apariencia listada en forma de bandas blanquecinas paralelas a la nervadura central empezando en la base. Estos síntomas también aparecen en hojas maduras ubicadas en la parte superior de la planta (INIA, 2020).

10.2.3 Cobre (Cu)

Cuando la deficiencia es severa, las plantas jóvenes presentan las hojas superiores secas, mientras que las hojas más jóvenes se vuelven flácidas, se tuercen, se enrollan y posteriormente se secan.

10.2.4 Hierro (Fe)

El cultivo del maíz con deficiencia de Fe muestra clorosis entre las nervaduras de las hojas jóvenes. Si la deficiencia es severa las hojas se tornan blanquecinas. La influencia de este micro elemento se deja sentir en la clorofila. Se acumula en menor cantidad en los nudos superiores que en los inferiores. Las concentraciones más elevadas se encuentran en las raíces.

10.2.5 Manganeso (Mn)

Las necesidades del maíz en Mn son relativamente pequeñas si se compara con otro cultivo. Su exceso en la planta se produce a concentraciones superiores de 400 mg kg⁻¹.

10.3 Dosis y momento de aplicación

Durante la siembra, se recomienda aplicar $\frac{1}{3}$ del fertilizante nitrogenado (urea) y todo el fertilizante fosfatado (Fosfato Diamónico) y potásico (sulfato de potasio). Es preferible aplicar el resto de fertilizante nitrogenado ($\frac{2}{3}$) durante el aporque. En maíz Blanco Urubamba esto ocurre entre los 50 y 60 días después de la siembra; en maíces más precoces (Choclero, San Gerónimo y Cusco), entre los 30 y 40 días. La mezcla homogénea de los fertilizantes debe aplicarse en la costilla de los surcos a «chorro continuo»; y si la siembra es por «golpes», entre golpe y golpe, considerando la pendiente del terreno o el sentido en que discurrirá el agua de riego o de las lluvias. Los fertilizantes no deben estar en contacto con las semillas ya que afectan la emergencia de las plantas.

Una opción para la producción de maíz con aplicación mínima de fertilizantes químicos es incorporar en la preparación del suelo 20 a 30 bolsas de guano de isla como mejorador del suelo y aportante de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, en los siguientes porcentajes y formas químicas: 12 a 14 % de N; 10 a 12 % de P_2O_5 ; 2 a 3 % de K_2O ; 8 % de CaO; 0.5 % de MgO y 15 % de azufre. Los niveles de fertilización recomendados son presentados en la Tabla 15.

Tabla 15.

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

Nivel de fertilización	kg ha ⁻¹ (N° de bolsas de 50 kg)		
	Urea	Fosfato di amónico	Cloruro de potasio
N – P ₂ O ₅ – K ₂ O			
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)

Urea=46% de N; Fosfato di amónico=18% de N + 46% de P_2O_5 ; Cloruro de potasio=60% de K_2O

Fuente: INIA (2012a).

Tabla 16.

Fertilización química recomendada para diferentes variedades de maíz de polinización libre del INIA

Variedad o cultivar	N – P ₂ O ₅ – K ₂ O
Choclero 101	80-40-40
INIA 603 Choclero	90-45-00
INIA 606 Choclero Prolífico	120-80-60
INIA 618 Blanco Quispicanchi	140-120-100
INIA 620 Wari	100-70-45
INIA 607 Ch'écche Andenes	120-100-90
INIA 614 Paccho	80-40-40
INIA 621 Pillpe	100-60-40
INIA 622 Chullpi Quispicanchi o Chullpi Sara	140-120-100
INIA 601	90-45-00
INIA 604 Morocho	80-40-40
INIA 615 Negro Canaán	120-90-60
INIA 613 Amarillo Oro	120-100-80

Fuente: INIA (2004a, 2004b, 2004c, 2004d, 2005, 2007a, 2007b, 2007c, 2012b, 2013a, 2013b, 2014a).



Los abonos orgánicos contienen diferente cantidad de nutrientes (Tabla 17) y es necesario aplicar estiércol bien descompuesto de los animales que cría el productor (vacunos, ovinos, camélidos, equinos, cuyes y aves) o compost entre 10 y 20 t ha⁻¹; humus de lombriz de 3 a 5 t ha⁻¹; guano de isla de 0.75 a 1.0 t ha⁻¹. Cuando se dispone de cantidades menores de estiércol descompuesto aplicar en la siembra en forma dirigida sobre las semillas y en forma corrida o localizado sobre cada golpe.

Tabla 17.

Composición química de diferentes abonos orgánicos (%).

Abono orgánico	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	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 natural	13.0	12.0	2.50	10.0

Fuente: Jara (2012a).



11





Manejo integrado de plagas y enfermedades

11. Manejo integrado de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas y enfermedades es el tratamiento ideal para los cultivos netamente orgánicos. En agricultura de gran escala este puede reducir la exposición de los seres humanos a productos químicos con potencial tóxico y puede llegar a bajar los costos de producción. En el Perú, en el cultivo de maíz, las pérdidas de cosechas y disminución de la productividad por efecto de las plagas son variadas y están en función a la 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 %. En años muy lluviosos se incrementan 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 y desafortunadamente las medidas que se utilizan normalmente para aumentar la productividad de los cultivos (p. ej. el monocultivo de variedades altamente productivas, el cultivo múltiple reduciendo o eliminando suelos descansados, el uso de los fertilizantes, etc.) crean un ambiente favorable para las plagas. Por eso, en cualquier sistema agrícola efectivo, se requiere el manejo inteligente de los problemas causados por las plagas.

11.1 Manejo integrado de plagas

Los insectos que atacan al maíz ocasionan daños en los diferentes estados de crecimiento de la planta. La semilla, antes o inmediatamente después de germinar es afectada por gusanos de tierra; las hojas, tallos y el grano en sus diversos estados, igualmente son afectados por insectos. En algunos casos los insectos ocasionan daño directo alimentándose de estas partes de la planta y en otros casos daños indirectos, pues transmiten enfermedades.

La identificación de insectos perjudiciales es muy importante para definir la práctica de control más apropiada; sin embargo, la identificación de insectos útiles (predadores y parásitos) también lo es, debido a que estos pueden ayudar a aumentar la efectividad de las medidas de control.

Los insectos por lo general pasan por cuatro etapas de desarrollo, huevo, larva (ninfa), pupa (crisálida) y adulto. Las formas inmaduras (larva o ninfa) no tienen alas y en algunos insectos tampoco tienen patas, lo cual les confiere una apariencia muy distinta a la pupa o adulto. Las larvas son las que causan mayor daño a la planta.

11.1.1 Insectos plaga de suelo

Los principales insectos plaga del suelo que dañan el cultivo de maíz son: gusano de tierra (*Feltia experta*), gusano cortador (*Copitarsia turbata*), cuncunilla negra (*Agrotis ipsilon*), cuchi cuchi (*Puranius* sp.), astilo moteado (*Astylus variegatus*), gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) (Figura 34A), mojoyoy (*Ancognatha scarabaeoides*), cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (Figura 34B) y lorito verde (*Diabrotica* sp.). En estado larval, estos insectos se alimentan cortando el cuello de las plantas recién emergidas durante la noche. Los campos infestados por las larvas de estos insectos presentan fallas o pérdida de plantas que aparecen como claros en los surcos.

Cuando el cultivo está establecido y hay fuerte ataque de gusanos de suelo, su control es difícil, incluso las aplicaciones de insecticidas sistémicos no 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 y usar cebos envenenados. Sin embargo, cuando la población y los daños son severos es importante realizar el monitoreo de adultos a través de trampas de luz y de melaza de caña de azúcar. Concluida la cosecha, de debe practicar el barbecho que consiste en arar el suelo con la humedad remanente o después de un riego para romper el ciclo biológico de los insectos.



Figura 34. Principales plagas del suelo registradas para el cultivo de maíz. Larva de gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) (A). Larvas de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) (B).

Fuente: INIA (2014b).

11.1.2 Insectos plaga de la planta

Debido al incremento de la temperatura por efecto del cambio climático, el ataque de insectos al cultivo de maíz se ha tornado significativo. Los insectos más comunes y que atacan en su estado larval son el cogollero (*Spodoptera frugiperda*), cañero (*Diatraea saccharalis*) y choclero o mazorquero (*Helicoverpa zea*), las cigarritas (*Dalbulus* spp.), las larvas de mosca de la mazorca (*Euxesta sororcula* W.) y el lorito verde (*Diabrotica* spp.).

a. Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*): el insecto adulto es una mariposa (noctuido) con una mancha blanca en el extremo de las alas posteriores (Figura 35A). La hembra pone huevos que pueden ser pocos o varios cientos, que se encuentran agrupados y cubiertos por una pelusa en el envés de las hojas de la planta de maíz. Este insecto prolifera en zonas con condiciones de sequía prolongada, que con frecuencia se presenta en la sierra. Ataca las plantas desde que tienen 10 a 15 cm de altura (dos hojas) y puede dañar a todas las plantas. Las larvas pequeñas producen raspados en las hojas (Figura 35B) y a partir del tercer estadio mastican y perforan el «cogollo», matando a las plantas, afectando la densidad de plantas y el rendimiento (Figuras 35C y 35D).

Para eludir el ataque se debe mantener el cultivo libre de malezas y para disminuir el número de adultos colocar trampas de luz y de melaza; liberar controladores



biológicos como chinches (*Podisus* sp.); avispas del género *Telenomus*; crisopas o moscas parásitas (Jara, 2014). El INIA tiene estudios avanzados de dos alternativas para controlar este gusano, la primera con tratamientos ecológicos (trampas mixtas de luz LED con melaza al 10 % y larvas de crisopas del II estadio) aplicados desde la emergencia de las plántulas del maíz (Pérez et al., 2019) y, la segunda con el uso de infectivos juveniles de nematodos entomopatógenos como *Heterorhabditis bacteriophora*, 24 días después de la siembra, cuando las plantas tienen cinco hojas expuestas (Sánchez et al., 2019).

Antes de realizar una aplicación de insecticidas se debe evaluar los daños; si estos son focalizados se recomienda eliminar las larvas aplicando, solo a las plantas dañadas, extractos vegetales a base de rocoto (*Capsicum pubescens*), penca o agave (*Agave americana*), neem (*Azadirachta indica*) o aplicar baculovirus en el cogollo de las plantas. En última instancia y cuando el ataque es demasiado severo, aplicar insecticidas líquidos en la primera etapa de crecimiento de la planta y granulados cuando la planta haya formado el «cogollo», en las dosis comerciales recomendadas en los envases (Jara, 2014).



Figura 35. Insecto adulto de *Spodoptera frugiperda* (A) y larva (B). Daño causado en las hojas (C) y panoja (D).¹⁵

15 Foto A: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Adulto-de-Agrotyis-robusta-Blanchard_fig1_281102368
Fotos B, C y D: <http://www.insuagro.com.ar/images/pdf/informacion-tecnica/insecticidas-manejo-de-gusano-cogollero.pdf>

b. Gusano choclero (*Helicoverpa zea*): es uno de los insectos de mayor importancia económica del maíz amiláceo, ya que ocasiona daño directo al grano (Figura 36A y 36B), mayormente cuando está en estado lechoso, y sirve de entrada para las larvas de la mosca *Euxesta* spp., hongos y bacterias. El estado adulto es una mariposa (noctuido) cuyas alas anteriores son de color amarillo pardo, con una banda transversal más oscura y manchas oscuras dispersas sobre las alas; las alas posteriores son más claras, con una banda en la parte externa (Ortega, 1987). La mariposa hembra deposita generalmente los huevos en los estigmas de la inflorescencia femenina («barbas» del choclo). Los huevos son de forma esférica, de color blanco brillante. La eclosión de los huevos origina larvas de color marrón, rojo o verde, o una combinación de todos estos. Las larvas son caníbales, por eso es raro encontrar más de una larva por choclo. Se alimentan de los estigmas y posteriormente de los granos en estado lechoso. Cuando las larvas completan su desarrollo, caen al suelo, donde se ocultan (a 3 o 5 cm de profundidad) e inician su periodo de pupa. Cada pupa origina una nueva mariposa.

El control del gusano choclero, se realiza con aceite vegetal comestible. Este método es efectivo e inocuo al ambiente y con la persona que lo aplica (Tejada, 1990). Es efectivo cuando el aceite se aplica antes de que la larva ingrese al choclo. Se debe aplicar una o dos gotas de aceite con un gotero, directamente a los estigmas cuando estos tienen de 2 a 3 cm de longitud. Para tener un buen control, se debe efectuar dos o tres aplicaciones, procurando que todos los estigmas de las plantas de maíz hayan sido tratados con aceite (Figura 36C).

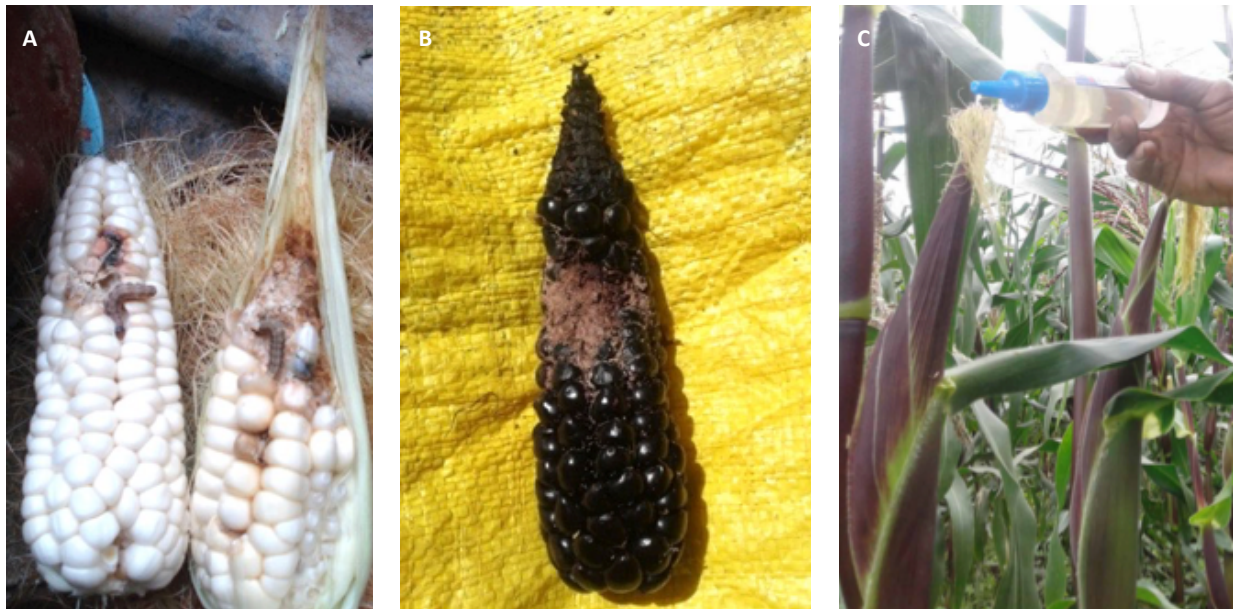


Figura 36. Larva y daño de gusano «choclero» en mazorcas de Choclero 101 (A) e INIA 601 (B). Control de larvas de «choclero» con aplicación de aceite vegetal comestible (C).

Fotos: Narro L. T. P. y Piña D. P. C.



c. Mosca (*Euxesta spp.*): el adulto es una mosca pequeña con alas bandeadas color plomo oscuro (Figura 37A). La mosca se mueve en forma lateral en las hojas y en las brácteas de las mazorcas del maíz. En un inicio las larvas se alimentan de los estigmas («pelos o barbas») del choclo y posteriormente de los granos en estado pastoso. Cuando las larvas ingresan al choclo producen pudrición blanda de olor fétido muy desagradable (Figura 37B). También pueden ingresar al choclo por el orificio de salida que dejó el gusano «choclero», ocasionando la destrucción de los granos, inicialmente en la parte superior, pudiendo llegar a afectar a toda la mazorca. Las larvas se transforman en pupa en un capullo de color café, de donde emerge una nueva mosca.



Figura 37. Adulto de mosca *Euxesta spp.* (A) y daños causados por las larvas (B).¹⁶

d. Diabrotica o lorito verde (*Diabrotica spp.*): la mayor importancia económica se debe a que transmiten el virus del moteado clorótico y tizón bacteriano del maíz. Las larvas son de color blanco, delgadas, con tres pares de patas y cabeza de color marrón. Ocasionalmente ocasionan lesiones en las raíces y el cuello de las plantas infestadas (Figura 38A). Las larvas, después de mudar, se convierten en pupas de color blanco, dentro de celdas de tierra. En estado adulto, las diabroticas se alimentan de las hojas tiernas, de los extremos de las hojas y ocasionan perforaciones; también se alimentan de los estigmas y del polen de maíz (Figura 38B). El daño que producen al alimentarse de plantas adultas, pocas veces tiene repercusión económica (Ortega, 1987).

16 Foto Ay B: <https://www.facebook.com/pg/lideragrox/posts/>



Figura 38. Daños en plántulas ocasionado por *Diabrotica* spp. (A). Adultos de *Diabrotica* spp. atacando una mazorca de maíz (B).¹⁷

e. Pulgón de la hoja del maíz (*Rhopalosiphum maidis*): la importancia de este insecto radica en su función como vector de enfermedades virales, como el mosaico del enanismo del maíz. Cuando las plántulas de maíz tienen 3 o 4 hojas y son infestadas por el insecto, rara vez producen mazorcas con granos. La hembra del insecto es de color azul verdoso, no pone huevos sino da a luz a ninfas (Figura 39). En las colonias sobrepobladas se producen formas aladas que pueden migrar a otras plantas. En bajas poblaciones, el insecto forma colonias, generalmente en el cartucho de la planta. A medida que la población aumenta, afecta todas las partes de la planta y la espiga (panoja). Es un insecto que succiona la savia de la planta, para alimentarse, introduce su aparato bucal en las hojas tiernas (Ortega, 1987).



Figura 39. Pulgones del *Rhopalosiphum maidis*.¹⁸

17 Fotos A y B: <https://www.shutterstock.com/es/search/diabrotica>

18 <https://entomology.k-state.edu/extension/insect-information/crop-pests/sorghum/cla>.

11.1.3 Insectos plaga de almacén

Los gorgojos y las polillas de almacén causan pérdida al agricultor debido a que disminuye el valor comercial de su producto, pérdida de la calidad de la semilla o grano, así como de su valor nutritivo, poniendo en riesgo su salud y seguridad alimentaria (Jara, 2014). Son dos especies de gorgojos muy comunes los que atacan al maíz amiláceo: *Pagiocerus frontalis* y *Sitophilus zeamais*.

a. Gorgojo (*Pagiocerus frontalis*): los adultos (Figura 40A) barrenan y atraviesan el pericarpio del grano, comen el interior y lo destruyen completamente, dejando gran cantidad de harina producida al taladrar el grano (Figura 40B). Las hembras depositan hasta 80 huevos y las larvas se alimentan del endospermo, hasta que se transforman en pupa. Cuando se convierten en adultos, perforan el grano y salen al medio ambiente. El ataque de este gorgojo es más frecuente en zonas por debajo de 3 200 m s. n. m., especialmente en los valles interandinos donde las temperaturas son más altas. Para su control se recomienda eliminar las mazorcas infestadas en la cosecha, durante el secado y en el desgrane. Es preferible almacenar granos y no mazorcas, mezclados con ceniza de eucalipto o arena fina, las que dificultan el desplazamiento, de adultos y larvas, y colocando plantas repelentes como la muña dentro del recipiente que los contiene. Es preferible revisar de vez en cuando el recipiente para verificar que no exista ataque del gorgojo. Para almacenar mayores volúmenes de grano se debe aplicar sustancias químicas preferentemente gasificantes a base de fosfamina (Phostoxin, Gastión, Detia y otros) en dosis comerciales recomendadas, colocando los granos dentro de ambientes herméticamente cerrados como silos metálicos o cilindros de plástico o metal (Jara, 2014).



Figura 40. Adulto (A) y granos atacados por gorgojos de maíz (*Pagiocerus frontalis*) (B).¹⁹

¹⁹ Foto A: <https://bugguide.net/node/view/477536>
Foto B: Jara (2012).

b. Gorgojo (*Sitophilus zeamais*): el insecto adulto mide de 3 a 5 mm de largo, es de color pardo negruzco, la cabeza se proyecta en forma de pico, el tórax es alargado y cónico, con manchas ovales en el dorso (Figura 41).



Figura 41. Ataque de *Sitophilus zeamais* a los granos de maíz.²⁰

El daño de este gorgojo es producido por la larva y el adulto. Los adultos perforan el grano para ovipositar, mientras que las larvas forman galerías en el endospermo para alimentarse. El grano puede ser destruido completamente, transformándose en harina. El insecto adulto es un volador activo. Las larvas se transforman en pupas dentro del grano. El daño más frecuente se presenta cuando los granos son almacenados, pero 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 ocasionando pérdidas considerables.

Este insecto puede ser controlado aplicando fumigantes (insecticidas en forma de gas) a base de fosfamina o fosfina, un gas incoloro, inflamable, que explota a temperatura ambiente. Son pastillas de fósforo de aluminio cubiertas de parafina y mezcladas con carbonato amónico. El insecticida mata insectos adultos, huevos, larvas y pupas que viven en el interior de los granos. Los fumigantes deben de ser usados sólo en recipientes que no permitan que el gas se escape. Los sinónimos de la fosfamina son: fosfina, fósforo de hidrógeno e hidrógeno fosforado. Sus nombres comerciales incluyen Phostoxin, Gastón, Detia, Gas XT, Fumitoxín y otros. Cuando se quiere almacenar semilla se puede usar insecticida a base de Chlorpyrifos, en dosis comercial.

11.1.4 Insectos transmisores de enfermedades

a. Cigarritas (*Dalbulus maidis* DeLong y Walcott): el insecto pertenece al orden Hemiptera y suborden Auchenorrhyncha. En estado adulto tiene 3 mm de largo y

20 Foto: <http://blog.secopla.mx/gorgojo-picudo-del-maiz>

es de color amarillo verdoso, con puntos negros en protórax (Figura 42). La hembra introduce sus huevos en la nervadura central de las hojas de las plántulas de maíz. Después de la eclosión de los huevos, las ninfas pasan por cinco fases antes de convertirse en adultos.

Este insecto es enteramente fitófago, los adultos y ninfas pican y succionan la savia de los tejidos del envés de las hojas, originando puntitos o manchas cloróticas, siendo más notorias en el haz de las hojas.

Causan daño por succión pues es un chupador vector del virus del rayado fino del maíz y micoplasmas. Cuando el virus se transmite en los primeros estadios de la planta, la producción puede ser seriamente disminuida, pudiendo llegar a 100 %, en campos completamente afectados. Para controlar este insecto se debe mantener el campo libre de malezas, y cuando se presenta sequía durante la fase vegetativa, hasta 10 o 12 hojas, se recomienda aplicar insecticidas a base de alfa cipermetrina, neen, barbasco y/o repelentes naturales.



Figura 42. Adulto de *Dalbulus* spp, que trasmite fitoplasma y espiroplasma en maíz.²¹

b. Pulgón de la hoja de maíz (*Rhopalosiphum maidis*): el insecto tiene importancia como vector trasmisor de enfermedades virósicas como el virus del mosaico del enanismo del maíz. Cuando las plántulas de maíz son infestadas por el insecto en los primeros estados de crecimiento rara vez producen mazorcas con granos. La hembra es de color azul verdoso, no pone huevos, sino que da a luz ninfas (Figura 43). En las colonias sobrepobladas se producen formas aladas que pueden migrar a otras plantas. En bajas poblaciones, el insecto forma colonias, generalmente en el cartucho de la planta, a medida que la población aumenta, afecta todas las partes de la planta y la espiga (panoja).

21 Foto: file:///C:/Users/PLANETAV/Downloads/Dialnet-BiologiaDeLaChicharritaDalbulusMaidisHomoptera-6087687.pdf



Figura 43. *Rhopalosiphum maidis* en estado adulto, transmisor del virus del maíz.²²

c. Diabroticas (*Diabrotica virgifera*, *Diabrotica longicornis*): la mayor importancia económica de las diabroticas es porque son trasmisoras de enfermedades virósicas, como el virus del moteado clorótico de maíz y el tizón bacteriano del maíz. La hembra deposita sus huevos a una profundidad de hasta 10 cm del suelo. Las larvas son de color blanco, delgadas, con tres pares de patas, cabeza de color café, que se encuentran en las raíces de plantas infestadas, ocasionan lesiones en las raíces y cuello de la planta. Las larvas después de mudar se convierten en pupas de color blanco dentro de celdillas de tierra. En estado adulto, las diabroticas se alimentan de hojas tiernas, de los extremos de las hojas o pueden ocasionar perforaciones; también se alimentan de estigmas y de polen del maíz (Figura 44). El daño que producen al alimentarse de plantas adultas rara vez tiene repercusión económica.



Figura 44. Adulto de *Diabrotica* spp.

Foto: Narro L. T. P.

²² Foto: Fuente: <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/trigo/1251-pulgones-cereales-rhopalosiphum-padi-maidis>

11.2 Manejo integrado de otras plagas

11.2.1 Ataque de pájaros

Existen varias aves que ocasionan daño al maíz amiláceo, sin embargo, el daño producido por el «huanchaco» (*Pezitis militaris vellicosos*) (Figura 45A), es el más importante, debido al aumento poblacional de las aves en la mayoría de las localidades donde se siembra maíz, sobre todo en la sierra norte del país. El daño puede ocurrir durante la germinación pues el pájaro se alimenta del embrión, ocasionando la muerte de las plantas. La otra forma de daño ocurre cuando el «huanchaco» come los granos en estado lechoso y pastoso, ocasionando daños leves y en otras ocasiones hasta la completa destrucción del choclo (Figura 45B). El daño más severo es ocasionado en las primeras siembras y en áreas aisladas. El «huanchaco» causa daño indirecto en las mazorcas, al alimentarse de los granos, daña las brácteas de la parte superior de la mazorca, por donde puede ingresar agua, insectos, hongos y bacterias que, en presencia de alta humedad, generan pudrición de las mazorcas.



Figura 45. *Pezitis militaris vellicosos* (A) y el daño que causan en la mazorca (B).²³

Para prevenir el daño del «huanchaco», inmediatamente después de la germinación de la semilla, se debe contratar personal («huanchaquero») para que impida que los huanchacos se posen en el campo sembrado con maíz. Cuando el cultivo está en fase de grano lechoso (choclo) o pastoso, el daño del «huanchaco» se debe prevenir colocando protectores de papel o de otro material (cucurucho), en el ápice de las mazorcas, para evitar que el «huanchaco» entre en contacto con los granos (Figura 46). Esta medida es efectiva, pero necesita de una inversión adicional para confeccionar y colocar los cucurucho en cada una de las mazorcas.

23 Foto A: Fuente: <http://www.avesiriondo.com.ar/sitio/ave/pecho-colorado/> y Foto B: Narro L. T. P.



Figura 46. Cucuruchos de papel para prevenir el daño causado por los «huanchacos».

Foto: Narro L. T. P.

11.3 Manejo integrado de enfermedades

Dependiendo del tipo, raza o variedad y del ambiente en que se encuentre cultivado, el maíz amiláceo es atacado y afectado por enfermedades que reducen significativamente su calidad y producción. Es susceptible a enfermedades causadas por hongos, bacterias, nematodos, virus y mollicutes, que afectan sus raíces, tallos, hojas, mazorcas y semillas, en el campo y en el almacén. Si bien estas enfermedades están distribuidas en todo el país, las enfermedades producidas por virus y mollicutes, producen daño de consideración en cultivos de la sierra y en los valles interandinos. Se ha detectado que algunos virus son transmitidos por la semilla, es decir, independientemente de la presencia de vectores, ahora es posible verificar los síntomas de enfermedades virales en un campo de maíz. El daño económico que pueda causar una enfermedad varía con el tipo de patógeno, la variedad y el clima.

El uso de variedades resistentes es la forma más efectiva de contrarrestar el daño producido por las enfermedades, debido a que no es necesario realizar gasto adicional, no causa efecto nocivo al ambiente y es compatible con los otros métodos de control. En esta parte del manual, se realiza una descripción de las enfermedades económicamente más importantes que afectan frecuentemente al cultivo del maíz amiláceo y que ocasionan pérdidas de importancia económica.

11.3.1 Pudriciones de mazorca por *Fusarium moniliforme* y *Diplodia (Stenocarpella maydis)*

El hongo *Fusarium moniliforme* es el patógeno que con mayor frecuencia ocasiona pudrición de mazorcas de maíz. El choclo dañado por las larvas de *Helicoverpa zea* y/o por *Euxestas* spp., son fácilmente infectados por *Fusarium*. Los daños más frecuentes

de *F. moniliforme* son provocados en el tallo y en las mazorcas, aunque también se produce en los granos individuales o en áreas limitadas de la mazorca y en algunos casos, puede cubrir toda la mazorca. Los granos infectados desarrollan un micelio de color blanco, que desciende desde la punta de la mazorca y dan una coloración rojiza y rosada a los granos infectados (Figura 47A). Además, en los granos se observa rayas blancas en el pericarpio (De León, 1984). El porcentaje de daños depende de las condiciones ambientales, en años más lluviosos se tiene mayor cantidad de mazorcas podridas.

Otro hongo que causa pudrición en las mazorcas es *Stenocarpella maydis* (anteriormente *Diplodia maydis*), que desarrolla áreas decoloradas en las pancas, hasta secarlas completamente. Aun cuando la planta está verde, al abrir las pancas, aparecen los granos completamente dañados y de color amarillento, y un crecimiento algodonoso del hongo, de color blanco entre los granos (Figura 47B). En los granos y en la mazorca se forman gran cantidad de pequeños picnidios negros, los cuales sirven como fuente de inóculo para el cultivo siguiente (De León, 1984).

Ambos hongos producen micotoxinas denominadas fumonisinas, que son tóxicas para los humanos y animales, específicamente para las aves de corral.

Para evitar la diseminación de *F. moniliforme* y *S. maydis* se recomienda que, durante el «despanque», se eliminen las mazorcas enfermas, quemándolas o enterrándolas en hoyos profundos.



Figura 47. Daño causado por *Fusarium moniliforme* (A). Síntomas de daño por *Stenocarpella maydis* (B).

Fotos: Narro L. T. P. y Piña D. P. C.

11.3.2 Pudriciones de mazorca por *Penicillium oxalicum*

Las esporas del hongo son de color azul verdoso, crecen en los granos y la tusa de las mazorcas de maíz (Figura 48). Los granos dañados por el hongo desarrollan un color amarillento con rayas en su pericarpio; al estar contaminados, son nocivos para la alimentación de personas y animales (De León, 1984). Los síntomas del hongo pueden ser observados en campo o en almacén. Frecuentemente, la infección de *Penicillium oxalicum*, está asociada con el daño de *Helicoverpa zea* y de *Euxesta* spp. El daño producido por el hongo es favorecido por la alta humedad en el campo, cosecha de mazorcas con alta humedad (más del 50 %) o por un secado deficiente después de la cosecha.

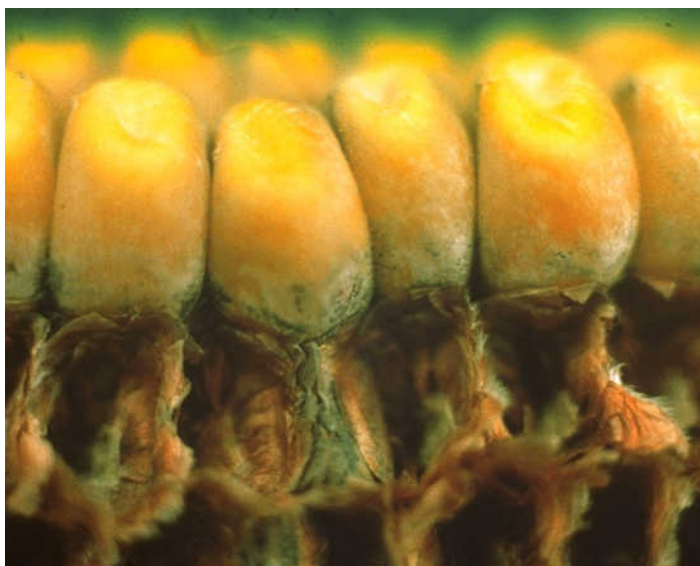


Figura 48. Daño por *Penicillium oxalicum*.²⁴

11.3.3 Carbón común (*Ustilago maydis*)

Esta enfermedad se presenta en casi todas las regiones productoras de maíz, pero puede ser más severa en ambientes húmedos y templados. El hongo ataca los tallos, hojas, mazorcas y espigas. Los granos son reemplazados por unas agallas blancas cerradas y conspicuas (Figura 49). Con el tiempo, las agallas se rompen y se liberan masas negras de esporas que infectan las plantas de maíz de la siembra siguiente. La enfermedad es más severa en plantas jóvenes, en estados activos de crecimiento y puede producir enanismo o la muerte de la planta (De León, 1984).



Figura 49. Agallas de *Ustilago maydis* en mazorcas de la variedad INIA 601.

Foto: Medina H. A. E.

En la sierra sur esta enfermedad es denominada «pacorma o hat'upa». Las variedades INIA 607 Ch'ecche Andenes e INIA 613 Amarillo Oro y variedades similares de las razas Cusco Cristalino Amarillo y Piscorunto, son moderadamente resistentes al ataque de *Ustilago maydis* (Jara, 2014). Un buen manejo de esta enfermedad es la erradicación de las plantas con carbón, arrancándolas y quemándolas antes de la dehiscencia de las agallas y propagación de las esporas. Se recomienda hacer rotación de cultivos y desinfección de semilla con ingredientes activos como Tebuconazole, Triticonazole y Flutriafol.

11.3.4 Mancha foliar por *Helminthosporium turcicum*

En un inicio el síntoma está constituido por manchas pequeñas de forma oval, que se forman en las hojas de la base de la planta. La humedad relativa y la temperatura hacen que las lesiones aumenten de tamaño y número. A medida que se desarrolla la planta, las manchas se transforman en áreas necróticas, en forma de huso, pudiendo llegar a cubrir toda el área foliar de la planta (Figura 50A). La enfermedad se disemina por los conidios transportados por el viento, los cuales se encuentran en hojas y tallos infectados por el hongo (De León, 1984). Los daños producidos por esta enfermedad son más severos cuando los síntomas aparecen antes de la floración. El ataque de *H. turcicum* puede asociarse con el de *Phaeosphaeria maydis* (Figura 50B) y enfermedades virósicas (Figura 50C). Para el control de la enfermedad se recomienda la rotación de los cultivos y el uso de variedades que sean poco afectadas por la enfermedad.



Figura 50. Manchas foliares originadas por *H. turcicum* (A); por *H. turcicum* y *Phaeosphaeria maydis* (B); y por *H. turcicum* y enfermedades víricas (C).

Fuente: CIMMYT (2004).

11.3.5 Mancha foliar causada por *Cercospora zae-maydis*

Este hongo causa manchas necróticas pequeñas, rectangulares y alargadas, que crecen paralelas a las nervaduras de las hojas (De León, 1984). Los síntomas de esta enfermedad se observan, por lo general, después de la floración. Cuando las condiciones de clima son favorables para el hongo (alta humedad), el número de lesiones aumenta, cubriendo la hoja completamente (Figura 51). La diseminación de la enfermedad ocurre por medio de esporas que son llevadas por el viento y por residuos de cosecha infectados por el hongo. Para controlar la enfermedad, se recomienda realizar la rotación de cultivos, debido a que el maíz es el único hospedero del hongo. Así mismo, se recomienda aplicar fertilizantes, de acuerdo a la recomendación técnica, para evitar el desequilibrio nutricional de la planta.



Figura 51. Mancha foliar originada por el hongo *Cercospora zae-maydis*.²⁵

11.3.6 Roya común del maíz (*Puccinia sorghi*)

El cultivo de maíz es afectado por tres tipos de roya: roya común, roya polisora y roya tropical. El maíz amiláceo es afectado, generalmente, por la roya común producida por *Puccinia sorghi*. El síntoma inicial aparece en el estado de plántula, sin embargo, es más visible en la etapa de floración y en los estados lechoso a pastoso; las pústulas son pequeñas y pulverulentas, localizadas en la parte adaxial y abaxial de las hojas (Figura 52). En un inicio, las pústulas se localizan en las hojas inferiores, sin embargo, cuando las condiciones de temperatura y humedad son favorables para el hongo, las hojas superiores también pueden ser infectadas. Las pústulas son de color marrón en el inicio de la infección, a medida que la planta alcanza la madurez fisiológica, la epidermis se rompe y las lesiones se tornan de color negro. Los hospederos alternos de este hongo son plantas del género *Oxalis*. En el hospedero, las pústulas, son de color anaranjado claro, estos síntomas corresponden a otro estado de *P. sorghi* (De León, 1984). Para controlar la enfermedad se debe usar variedades que sean menos susceptibles como INIA 604 Morocho e INIA 618 Blanco Quispicanchi.



Figura 52. Daño producido por *Puccinia sorghi* en hojas de maíz.²⁶

26 Foto: https://www.clarin.com/rural/aplicar-fungicidas-evitar-roya-tizon-maiz_0_SkzSaSPyf.html

11.3.7 Mancha foliar por *Phaeosphaeria maydis*

Las características de la mancha foliar son lesiones de tamaño pequeño, circulares o ligeramente alargados, de color verde pálido (Figura 53). En un inicio, son cloróticas y en estados más avanzados de la planta, de color marrón oscuro (De León, 1984). Los síntomas del hongo *P. maydis* son favorecidos por la precipitación pluvial y la temperatura nocturna relativamente baja, se observa, frecuentemente, en los campos de producción de maíz amiláceo, infectando a plantas en diferentes estados de crecimiento. Cuando las condiciones de clima son favorables para el hongo, los síntomas suben a las hojas superiores (sobre la mazorca), en casos extremos, todas las hojas son afectadas. Para el control de la enfermedad, se recomienda realizar rotación de cultivos con la finalidad de disminuir el potencial del inóculo del hongo.



Figura 53. Mancha foliar por *Phaeosphaeria maydis*.²⁷

11.3.8 Virus del rayado fino del maíz

El virus es transmitido por la cigarra *Dalbulus maidis* (De L. & W). El daño producido por el virus está relacionado con el estado de crecimiento de la planta en emergencia y una o dos hojas extendidas, donde se puede producir la pérdida total del cultivo. Los síntomas se observan desde 15 hasta 30 días después de que el virus ha sido transmitido por el vector. En un comienzo, aparecen pequeñas manchas cloróticas, aisladas, que se pueden observar con facilidad. A medida que avanza la enfermedad, las manchas cloróticas son más numerosas y se fusionan formando rayas longitudinales que pueden cubrir toda la hoja a lo largo de las nervaduras (Figura 54). Las características de la enfermedad son menos visibles cuando la infección es tardía (con 4 o 5 hojas). Los daños de rayado fino pueden ocasionar pérdidas severas, en estos casos se forman pocos granos y en casos extremos se produce esterilidad completa de la inflorescencia femenina, así como también, el polen puede volverse estéril, impidiendo la fertilización de los óvulos y, por lo tanto, no se forman los granos (Rivas y Rodríguez, 2020).

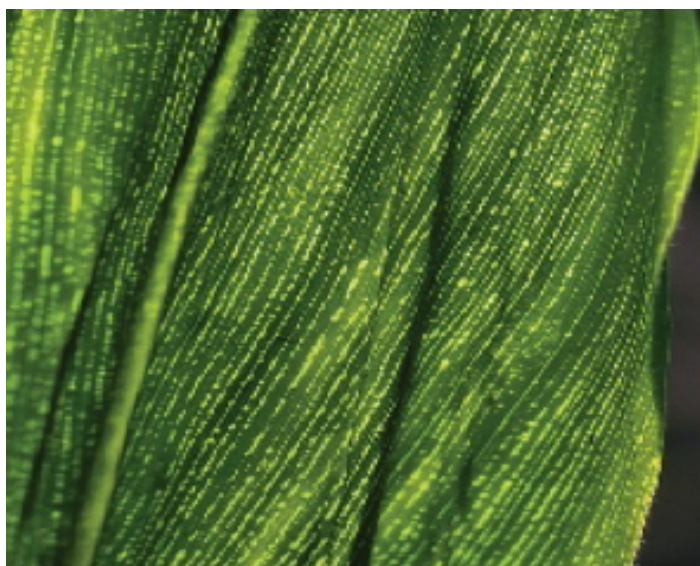


Figura 54. Síntomas de virus del rayado fino del maíz.²⁸

11.3.9 Puka poncho (*Spiroplasma kunkelii*)

Es una enfermedad que afecta la fisiología, nutrición y desarrollo de la planta de maíz. Los principales síntomas para identificarla son plantas de color rosado, castaño rojizo y en algunos casos grises, pérdida de vigor de la planta, mazorcas vacías con granos podridos. La enfermedad se presenta en zonas templadas propias de los valles interandinos, muchas veces en cultivos de siembras tempranas (julio a agosto). El agente causal es el complejo spiroplasma – fitoplasma denominado mollicute, que es transmitido exclusivamente y en forma natural por cigarritas de la especie *Dalbulus maidis* que atacan en las primeras etapas del cultivo y que transmite también el virus del rayado fino (Jara, 2014).

La mejor manera de disminuir esta enfermedad es el control de las cigarritas. Si no se hace esto, el ataque será severo y las plantas prácticamente no darán mazorcas ni granos y la chala no será aceptada como alimento por el ganado. Una alternativa es realizar tratamiento de la semilla antes de la siembra con insecticida a base de los neonicotinoides imidacloprid o thiamethoxam o su combinación y dos aplicaciones de insecticidas en dosis comerciales, uno cuando la planta presenta una altura de 15 a 20 cm con insecticida sistémico a base de oxidemetón-metilo y la segunda 15 días después con insecticida de contacto a base de carbaril. cuando las plantas presentan las manchas rojizas o amarillentas en las hojas y forman mazorcas en cada nudo, la enfermedad ya está avanzada y no se puede hacer control alguno (Jara, 2014).

Síntomas típicos en caso de spiroplasma son la presencia de franjas blanquecinas en la base de las hojas próximas a la inserción con el tallo, que se prolongan hacia el ápice (Figura 55A). En caso de fitoplasma los síntomas foliares típicos son enrojecimiento de los márgenes de las hojas pudiendo más adelante cubrir toda su extensión. Otros síntomas son la proliferación de mazorcas y enanismo de la planta. El tamaño de mazorcas y el llenado de granos son perjudicados.

28 Foto: <https://semillastodoterreno.com/2018/09/principales-enfermedades-del-cultivo-de-maiz>

Para su control, el uso de variedades tolerantes como INIA 618 Blanco Quispicanchi y la siembra temprana (escape del insecto vector) son las mejores alternativas para garantizar mejor producción de mazorcas, sin embargo, por la siembra continua de maíz se tiene la superposición de los ciclos de vida del insecto.

11.3.10 Achaparramiento del maíz

Es transmitido por la cigarra *Dalbulus maidis* (De L. & W) y por *Dalbulus elimatus*, entre otras. Los vectores al alimentarse de plantas enfermas adquieren el virus y lo transmiten a otras plantas. La cigarra *D. maidis* puede transmitir el virus del rayado fino y también el virus del achaparramiento del maíz, observándose con frecuencia, plantas infectadas por los dos virus. Las plantas infectadas muestran síntomas variados, el más común, se manifiesta en las hojas, que se vuelven rojizas o púrpuras, amarillentas y con rayas cloróticas en la base de las hojas más jóvenes (De León, 1984) (Figura 55B). Por lo general, los síntomas en las hojas aparecen próximos a la floración masculina. El enanismo o achaparramiento de las plantas se debe a la disminución de longitud de los entrenudos. En las yemas auxiliares desarrollan mazorcas estériles. En algunos casos, las plantas no producen mazorca o cuando llega a formarse la mazorca, es muy pequeña, con pocos granos o granos muy pequeños. Cuando la infección es en los primeros estados de crecimiento, se puede producir muerte prematura de la planta.

En general las plantas presentan entrenudos cortos, presencia de enanismo de plantas y no producen granos. Si la infección ocurre antes de la floración, la planta con frecuencia no llega a producir granos en la mazorca y cuando hay producción de granos su llenado es perjudicado, las mazorcas presentan granos flojos, pequeños, descoloridos o manchados.



Figura 55. Síntomas del complejo Fitoplasma-Espiroplasma, amarillamiento, enrojecimiento y proliferación de mazorcas (A)²⁹. Síntoma del achaparramiento del maíz (B)³⁰.

11.4 Manejo integrado de malezas

El cultivo debe mantenerse libre de malezas, sobre todo los primeros 60 días porque en este periodo se define el tamaño y número de mazorcas, así como el número de granos por hilera y mazorca. La eliminación de malezas debe realizarse oportunamente para evitar pérdidas de rendimiento por competencia por luz, humedad y nutrientes. Se eliminan en forma manual utilizando segadera, lampas o azadones (deshierbo) (Figura 56A) o aplicando herbicidas específicos en dosis comerciales (Figura 56B).

El deshierbo no es efectivo cuando hay exceso de humedad en el suelo. La humedad, proveniente de las precipitaciones pluviales, genera que el suelo se torne muy pesado, principalmente en suelos arcillosos, haciendo difícil la labor de deshierbo y favoreciendo la competencia de la maleza con el crecimiento del cultivo. Al realizar los aporques también se eliminan las malezas; hasta el momento de la cosecha se debe realizar por lo menos dos deshierbes complementarios. La segunda forma es mediante el control químico, con el uso de herbicidas. El producto químico a utilizar depende del tipo de maleza (hoja angosta u hoja ancha), del estado de crecimiento y del cultivo.



Figura 56. Control manual de las malezas de maíz (A) y control químico (B).

Fotos: Narro L. T. P y Piña D. P. C

La diferencia de los cultivos en los cuales no se han realizado un control de maleza versus los cultivos con control, son observados en la Figura 57A y 57B. Los herbicidas a base de atrazina son específicos para el cultivo de maíz, controlan malezas de hoja ancha en preemergencia y emergencia temprana. Los herbicidas a base de glifosato se usan para controlar malezas establecidas en el campo de cultivo y deben ser aplicados cuando el área foliar de las malezas está túrgida, para conseguir una mayor eficiencia del herbicida. Se recomienda aplicar dos o tres horas antes del inicio de las precipitaciones.

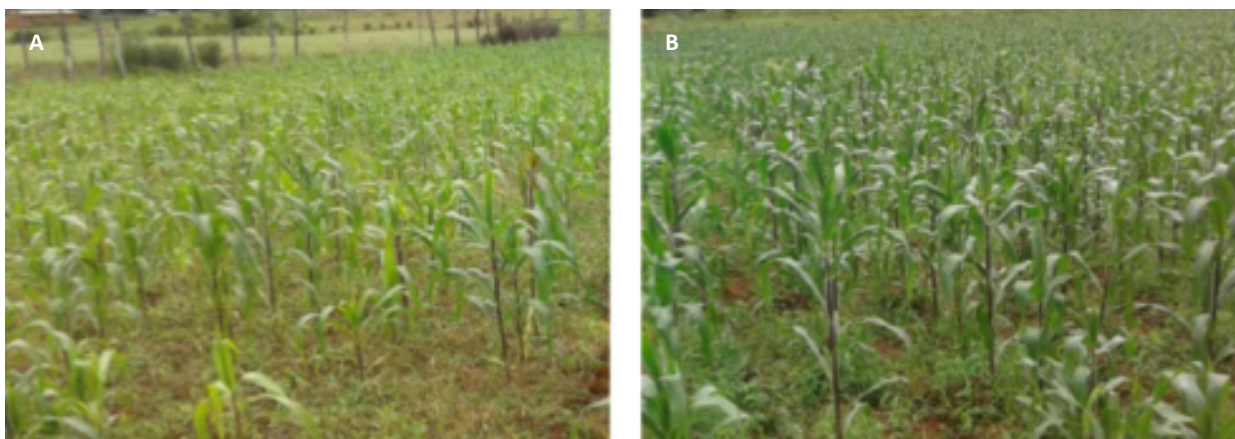


Figura 57. Cultivo de maíz sin control (A) y con control de malezas (B).

Fotos: Narro L. T. P. y Piña D. P. C.

The image features two dark, cylindrical objects with a highly textured, almost crystalline or porous surface. They are positioned diagonally across the frame, with one in the foreground and another slightly behind it. The background is a dark, solid color, which makes the textured objects stand out. The lighting is soft, highlighting the intricate details of the surface texture.

12



Cosecha

12. Cosecha

El maíz amiláceo debe ser cosechado de acuerdo con el uso que se le va a dar:

- *Para consumo en choclo*, debe ser cosechado cuando los granos se encuentran en estado lechoso, en este estado tiene una mayor aceptación por el consumidor (Figura 58).
- *Para consumo en grano*, la cosecha se realiza cuando las hojas se tornan amarillentas y el grano tiene una consistencia pastosa, la humedad de los granos en esta fase está cerca de 50 %. Adelantar la fecha de cosecha tiene ventajas, principalmente se evita daño de insectos como el gorgojo del maíz que inicia el daño en campo y puede continuar en almacén si no se aplica insecticida oportunamente.
- *Para semilla*, la cosecha se realiza cuando el grano alcanza la madurez fisiológica, en este estado el grano de maíz amiláceo tiene aproximadamente de 30 a 40 % de humedad. La madurez fisiológica coincide con la formación de la capa negra, que se reconoce cuando en la base del grano, en la unión con la coronta y debajo del pedicelo o casquete, se observa una zona oscura de células muertas. Esta fase coincide con la finalización de la translocación de los nutrientes del tallo a la mazorca. En la sierra sur (donde las cosechas se efectúan a partir de la segunda quincena del mes de abril y la primera quincena de mayo) se acostumbra a cortar las plantas cuando las mazorcas llegan a madurez de cosecha, antes que las plantas se tumben por sobre madurez. Las plantas deben cortarse temprano por la mañana para evitar que las hojas enfermas caigan al suelo y se vuelvan en focos de infección en la siguiente campaña agrícola.

En el maíz morado la madurez fisiológica se presenta aproximadamente 40 días después de la floración. 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. En este período se concentra y estabilizan los pigmentos del color morado o antocianinas en la tuza o coronta. Por lo tanto, las mazorcas están listas para ser cosechadas. En este momento 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 (*Pagocerus frontalis*). Asimismo, la presencia de lluvias en esta etapa produce la germinación de granos y pudrición de mazorcas. En la sierra norte, especialmente en Cajamarca, zona donde se empieza a industrializar este tipo de maíz, se cosechan las mazorcas dejando las plantas en pie. Estas son llevadas al vestíbulo de la casa (especie de zaguán) donde son almacenadas. En ese lugar la familia, amigos u obreros contratados «despancan» o liberan con cuidado las mazorcas de las «pancas» o brácteas que las cubren. Las «pancas» de color morado, señal de que poseen alto contenido de antocianina, son seleccionadas y esparcidas en secadores solares especiales para luego ser picadas.



Figura 58. Estado fenológico de las mazorcas de maíz INIA 603 Choclero para cosecha.

Foto: Narro L. T. P.

Para evitar la pudrición de las mazorcas, las plantas se dejan en el campo tendidas en sentido contrario a la dirección de los surcos en grupos o «fichas» por 10 a 15 días. Luego de ese período de secado de las plantas y mazorcas se realiza el «despalcado o deshojado» y las mazorcas sanas separadas de las que presentan daños por plagas (insectos, aves, roedores y enfermedades) se llevan al tendal o secadero para su secado. Una forma tradicional de secado son las «guayungas» (Figura 59).



Figura 59. Conservación de mazorcas de maíz en «guayungas».

Foto: Chavez C. A.



13



Manejo de poscosecha

13. Manejo de *poscosecha*

13.1 Secado

Las mazorcas sanas escogidas durante el «despalcado o deshojado» se secan en secaderos aéreos tipo gallinero o expuestas a los rayos solares en tendales (colca) sobre paja, restos de cereales o sobre mantas o arpillera de polipropileno (Figura 60). Las mazorcas con ataque de insectos (gorgojo), roedores y aves deben cosecharse primero para eliminar la posibilidad de ataque de gorgojos en el secadero. Las mazorcas con enfermedades (podridas) deben secarse en espacios alejados de las mazorcas sanas.

El secado debe ser uniforme para conservar la calidad de los granos (evitar el manchado de granos que es el inicio del ataque de hongos) y para facilitar un buen desgrane. El secado natural de los granos tiene una duración de 30 a 45 días, periodo en que alcanzan una humedad de ± 14 %. Para acelerar el secado, las mazorcas deben voltearse por lo menos en tres oportunidades con mucho cuidado, evitando el desgrane.



Figura 60. Secado de mazorcas de maíz Blanco Urubamba.

Fuente: Jara (2014)

13.2 Desgrane

Los maíces amiláceos se desgranar en forma manual cuando los granos contienen ± 14 % de humedad teniendo el cuidado de lograr granos íntegros y sanos (Figura 61). Para comercializar, se debe desgranar por tamaños en diferentes envases, granos pequeños, medianos y grandes o de acuerdo con el requerimiento de los comerciantes, separar los granos manchados y podridos. Si se desgrana para semilla, los granos deben estar sanos, tener tamaño uniforme, obtenidos del tercio medio de mazorcas típicas de la variedad.



Figura 61. Desgrane manual separando el grano manchado.

Fuente: Jara (2014)

13.3 Clasificación

En el caso específico de las variedades Blanco Gigante de Cusco e INIA 618 Blanco Quispicanchi, tanto la semilla como el grano se clasifican con la ayuda de máquinas eléctricas o a motor, empleando zarandas especiales. Existen tres categorías: primera, segunda y tercera. Algunas empresas exportadoras prefieren comprar grano limpio libre de impurezas, sin granos partidos y de tamaño pequeño, menor a la clase tercera.

Para vender el grano clasificado, los granos «de primera o calibre I» se obtienen con zarandas de 15.5 mm (en una onza de 28.35 g debe haber entre 24 y 27 granos); los «de segunda o calibre II» con zarandas de 13.5 mm (en una onza debe haber entre 28 y 32 granos) y «de tercera o calibre III» con zarandas de 12 a 11.5 mm, para tener entre 33 y 36 granos por onza.

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

A large pile of white, oval-shaped objects, possibly seeds or beans, is shown. The objects are arranged in a somewhat organized manner, with some rows visible. A white number '14' is overlaid in the center of the image. The background is a dark, textured surface, possibly a bag or a container.

14



Almacenamiento

14. Almacenamiento

La semilla y el grano comercial envasados en bolsas de polipropileno deben ser almacenados en ambientes seguros, limpios, frescos, secos, libres de insectos (gorgojos), hongos, ácaros, roedores (ratones y ratas) y aves.

En el almacén se debe tener mucho cuidado en la aplicación de insecticidas para el control de plagas (insectos, ácaros, hongos, etc.) porque las mazorcas van a ser usadas en la elaboración de productos de consumo humano. Los almacenes deben tener buena ventilación, con baja temperatura en promedio 10 °C, con 50 a 60 % de humedad relativa.

Si se observa ataque de gorgojos en los granos a almacenar, efectuar el tratamiento adecuado en ambientes, silos o depósitos herméticamente cerrados utilizando insecticidas en tabletas gasificantes (fumigantes) o productos en polvo, aplicados adecuadamente empleando las dosis comerciales. Al almacén deben ingresar granos sanos libre de enfermedades e insectos plaga.

En el caso de maíz morado, una vez secadas las mazorcas, es decir cuando el grano y la mazorca están por debajo del 14 % de humedad, ya están listas para su comercialización o almacenaje en mazorca. Como estas mazorcas también son empleadas en la elaboración de productos de consumo humano, se debe tener especial cuidado en la aplicación de pesticidas para el control de gorgojos (*Sitophilus oryzae*, *Calandra granaria* y *Pagiocerus frontalis*) y polillas (*Pyroderces rileyi*,) que atacan al grano, es preferible utilizar almacenes bien ventilados, con baja temperatura 10 °C y 60 % de humedad relativa, y protegidos de roedores. Como último recurso aplicar tabletas gasificantes a base de fosforo de aluminio, carbamato de amonio e ingredientes inertes en dosis comerciales. Cuando estos productos son bien usados, no reaccionan con los productos tratados, ni alteran su composición química, aroma, sabor u otras cualidades organolépticas, incluso después de repetidas fumigaciones; tampoco perjudican los posteriores procesos de transformación de los productos que pueden ser fumigados.





15

The image shows seven ears of yellow corn arranged on a colorful, patterned blanket. The corn cobs are the central focus, with their kernels clearly visible. The blanket has a complex geometric pattern in shades of red, blue, and white. The lighting is bright, highlighting the texture of the corn and the fabric.

Comercialización

15. Comercialización

El maíz amiláceo se comercializa como «choclo», en grano seco y como «chala». Dependiendo de la variedad, quizás la más rentable es la primera porque las plantas permanecen menos tiempo en la chacra y por lo tanto hay menos posibilidades de ataque de insectos plaga, aves o roedores. En este caso la comercialización se torna fácil porque puede hacerse directamente en la chacra, en cuyo caso lo más aconsejable es clasificar las mazorcas para ganar más por la porción denominada extra o de primera. A veces los comerciantes aprovechan la necesidad del agricultor y compran directamente toda la producción «al barrer» como ellos llaman, lo cual no es favorable para el agricultor debido a que el precio es bajo en comparación con el que lograrían al clasificar el mismo producto.

Si el campo ha sido destinado para producir semilla la cosecha debe retrasarse un poco más hasta que el grano llegue a tener alrededor de 20 % de contenido de agua. Luego de la cosecha las mazorcas deben secarse en tendales o en silos rústicos donde el grano llegue a tener 14 % de humedad y puedan desprenderse fácilmente de la tuza al momento del desgrane. Durante el desgrane se deben seleccionar las mejores mazorcas sanas, y de estas descartar las semillas del extremo y de la base de la mazorca, quedando solo la porción central, lo cual garantizará uniformidad en la semilla. Para su comercialización utilizar envases de material adecuado como papel o polipropileno. Cada envase debe tener un peso manejable no mayor a 50 kg (Figura 62). Una buena parte del maíz Blanco Gigante de Cusco o INIA 618 Blanco Quispicanchi, por ejemplo, es comercializado para ser exportado en broza a países como España, otra parte es utilizada por las empresas procesadoras de «grano mote». Este grano de exportación debe presentar la máxima pureza varietal, excelente uniformidad, apariencia y sanidad, forma plana circular, textura suave harinosa, color blanco, uniforme en peso, longitud, ancho y espesor; y contener máximo 14 % de humedad (Jara, 2012b).



Figura 62. Maíz blanco gigante de Cusco listo para su comercialización.

Foto: Chavez C. A.

El maíz morado también merece un trato especial. Como se mencionó anteriormente, este maíz es valorizado por su alto contenido de antocianinas, en particular en la tusa (Figura 63 A) y las pancas (Figura 63B). La comercialización en el mercado nacional se realiza exclusivamente en mazorcas, aun cuando en la sierra norte se ha iniciado un proceso de mercadeo especial: tusas y pancas, secas y picadas, debido a la difusión masiva que está experimentando la variedad INIA 601. En este caso, los cuidados previos a la comercialización son quizás más delicados, pues antes del secado hay que seleccionar muy bien las mazorcas para evitar que tengan daño de insectos u hongos. El picado de tusas y pancas secas es una labor que poco a poco el agricultor viene asimilando y dando importancia, debido a que mientras más inocuo sea el producto que ofrece, mayor será el precio que obtendrá.

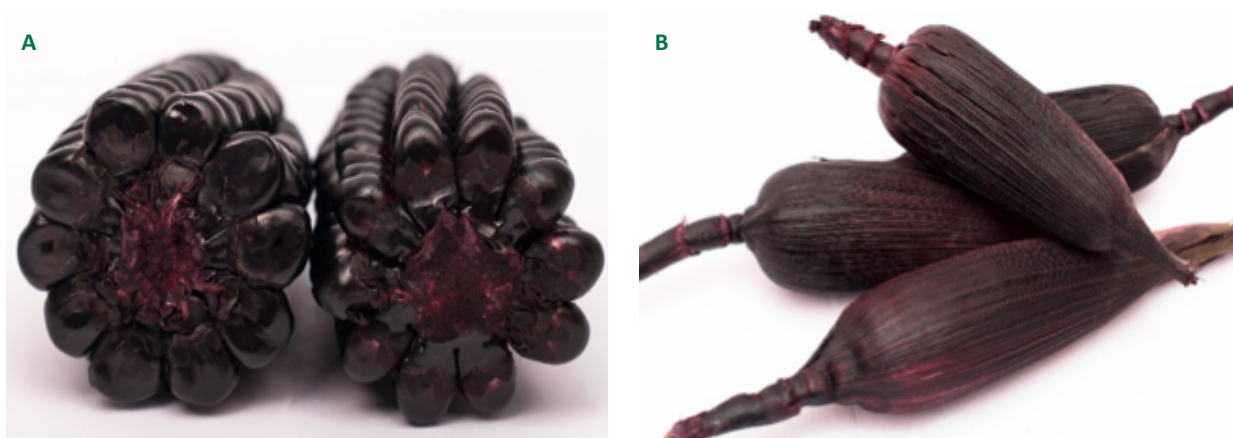


Figura 63. Variedad de maíz morado INIA 601 que tiene la tusa (A) y pancas (B) de color morado intenso y un alto contenido de antocianinas.

Foto: Chavez C. A.

En Cajamarca el precio en chacra fluctúa entre S/ 0.8 y 1.0 por kg y, el precio promedio en tienda es de S/ 5.0. Si el agricultor decide sembrar la variedad INIA 601, podría secar y picar las tusas y las pancas, para venderlas como materia prima para extraer antocianinas, y además quedarse con el grano, lo que le permitiría ganar hasta el triple de lo que le pagan en la chacra.

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 %) porque concentran gran cantidad de residentes peruanos. La forma de presentación para el mercado de exportación es en mazorcas enteras, en granos, tusa o coronta, tusa molida y en extracto de maíz morado.

Las mazorcas con tusa de color morado intenso son preferidas por los intermediarios y por las amas de casas. Para que los agricultores puedan tener mayores ingresos en forma sostenible una opción es la exportación, para lo cual el producto debe presentarse adecuadamente:

- 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 1600 kg ha⁻¹ de tusa. El precio de tusa en el mercado de exportación, en el año 2016, fue de USD 3.24 por kg, en promedio, significando que se obtuvieron ingresos de entre USD 3 500 a 5 000 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 (Figura 64), es otra forma de presentación que los agricultores deben implementar en forma organizada para obtener mejores ingresos económicos.



Figura 64. «Tusas» y «pancas» secas (al 14 % de humedad) y picadas de la variedad INIA 601, listas para ser embaladas y vendidas a productores de pigmentos como la antocianina.

Foto: Chavez C. A.





16

The background of the page is a close-up photograph of green lentils. The lentils are in various orientations, some showing their characteristic kidney shape and others showing the stem end. The lighting is soft, highlighting the texture of the lentils.

Referencias

16. Referencias

- Agrodataperu (2020). Exportaciones Agropecuarias Perú. Recuperado el 17 de marzo de 2020 de <https://www.agrodataperu.com/exportaciones>
- Anderson, E. y Cutler, H.C. (1942). Races of *Zea mays* L. 1. The recognition and classification. *Ann. Mo. Bot Gard.* 29:69-88. <https://doi.org/10.1007/BF01694325>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT (1982). An Overview. International Maize and Wheat Improvement. CIMMYT's Maize Program Center. Mexico.
- De León C. (1984). Enfermedades del Maíz. Una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. 3ra. Edición. México D. F. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/3714/13181.pdf>
- GeoChemBio (2020). *Zea mays*, corn, maize, mealie. Recuperado el 16 de marzo de 2020 de http://www.geochembio.com/biology/organisms/maize/#chitika_close_button
- Gilmore, E.C. y Rogers, J.S. (1958). Heat Units as a Method of Measuring Maturity in Corn. *Agronomy Journal*, 50(10), 611-615. <https://doi.org/10.2134/agronj1958.00021962005000100014x>
- Kuleshov, N. 1933. World's diversity of phenotypes of maize. *J. Am. Soc. Agron.* 25:688-700. <https://doi.org/10.2134/agronj1933.00021962002500100006x>
- Hallauer, A.R. y Miranda-Filho, J.B. (1988). *Quantitative Genetics in Maize Breeding*. 2nd ed., Ames: Iowa State University Press, Ames, IA, USA. <https://10.1007/978-1-4419-0766-0>
- Hamdollah E. (2012). Intercropping of maize (*Zea mays*) with cowpea (*Vigna sinensis*) and mungbean (*Vigna radiata*): effect of intercrop components on resource consumption, dry matter production and legumes forage quality. *J. Basic Appl. Sci.* 2: 355-360.
- Ritchie, w y Hanway, J. (1986). How a corn plant develops. Special Report N° 48. Iowa State University and Science and technology. Cooperative Extension Service, Ames, Iowa. <http://publications.iowa.gov/18027/1/How%20a%20corn%20plant%20develops001.pdf>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA (2004a). INIA 606 Choclero Prolífico. Estación Experimental Agraria Santa Ana - Junín. Plegable N° 3. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/685>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA (2004b). Maíz INIA 603 Choclero, nueva variedad para una producción rentable. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. Plegable s/n. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/717>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2004c). Maíz INIA 604 Morocho: Primera variedad mejorada de maíz morocho para la sierra del Perú. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/698>

- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2004d). Maíz INIA 601. Variedad mejorada de maíz morado para la sierra norte del Perú. Estación Experimental Agraria Baños del Inca - Cajamarca. Plegable N° 3. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/65>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2005). INIA 607 Ch'ecche Andenes. Variedad mejorada de maíz canchero para la sierra sur del Perú. Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. Plegable N° 7. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/660>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2007a). Maíz INIA 614 Paccho. Primera variedad mejorada de maíz dulce para la sierra norte del Perú. Estación Experimental Agraria Baños del Inca – Cajamarca. Plegable N° 8. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/637>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2007b). Maíz Cristalino INIA 613 Amarillo Oro. Variedad de altura para harina y maná. Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. Plegable N° 11. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/639>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2007c). Maíz INIA 615 Negro Canaán. Nueva variedad de maíz morado para la sierra peruana. Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho. Plegable N° 17. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/698>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA. (2012). Maíz amiláceo INIA 618 Blanco Quispicanchi. Variedad de granos grandes para exportación. Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. Plegable N° 4. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/520>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2013a). Maíz Choclero INIA 620 Wari. Nueva variedad de maíz choclero para la sierra peruana. Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho. Plegable N° 6. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/503>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2013b). Maíz Canchero INIA 621 Pillpe. Estación Experimental Agraria Canaán - Ayacucho. Plegable N° 9. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/507>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2014). Maíz INIA 622 Chullpi Quispicanchi. Nueva variedad de maíz dulce para consumo en cancha y exportación. Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. Plegable N° 10. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/1002>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA (2020). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro. Lima, Perú. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/1057>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura - INTAGRI. Fuentes Orgánicas de N-P-K para la Nutrición de los Cultivos. Serie Agricultura Orgánica Núm. 10. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 5 p. Recuperado el 11 de marzo de 2020 de <https://www.intagri.com/articulos/agricultura-organica/fuentes-organicas-de-n-p-k-para-la-nutricion-de-cultivos>
- Jara, C. (2012a). Manejo del maíz amiláceo INIA 618 Blanco Quispicanchi. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Estación Experimental Agraria Andenes – Cusco. Instituto Nacional de Innovación Agraria –INIA. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/113>



- Jara, W. (2012b). Variedades de maíz INIA 607 Ch'ecche Andenes e 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. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/111>
- Jara, C. (2014). Manejo integrado del cultivo y de las plagas del maíz. Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2014b). Estación Experimental Agraria Andenes - Cusco. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/112>
- Kiesselbach T. A. (1949). The Structure and Reproduction of Corn. Reprinted of the 1949 ed., published by the Agricultural Experiment Station, University of Nebraska. University of Nebraska Press, USA.
- Leiva, S., Gayoso, G. y Chang, L. (2015). Cucurbitáceas utilizadas como alimento en el Perú Prehispánico. *Arnaldoa* 22 (2): 439 – 478.
- León, W.D. (2016). Manejo de la fertilización de maíz (*Zea mays* L.) en el Valle Santa Catalina. Tesis de graduación. Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma.
- Lindquist, J. L., Arkebauer, J., Walters, T., Cassman, G. y Dobermann, A. (2005). Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agron. J.* 97: 72-78.
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2019). Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de Maíz Amiláceo. Ficha Técnica N° 07. <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jsui/handle/MINAGRI/233>
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2016). Boletín monitoreo agroclimático del cultivo de maíz amiláceo en la sierra sur. <https://docplayer.es/116184395-Monitoreo-agroclimatico-del-cultivo-de-maiz-amilaceo-en-la-sierra-sur-boletin.html>
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. (1 de mayo de 2020). Plan Nacional de Cultivos - Campaña Agrícola 2019 - 2020. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf
- Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI. Dirección de Estadística Agraria de la Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas - DGESEP. (1 de mayo de 2020). Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019-Campaña agrícola agosto 2019-julio 2020. http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/Libro%20Resultado%20ENIS%202019-2020_260719.pdf
- Ministerio del Ambiente - MINAM y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. (2013). Caracterización y aptitud agroclimática de los cultivos de papa y maíz amiláceo en la subcuenca del río Shullcas, Junín.
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2018). Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad. Ministerio del Ambiente. Primera edición, diciembre de 2018.

- Ortega, A. (1987). Insectos Nocivos del Maíz: una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. México D. F., México. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/732/4941.pdf?sequence=1>
- Oscanoa, C. y Sevilla, R. (2011). Mejoramiento Conservativo del Maíz en la sierra del Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA.
- Paliwal, R.L., Granados, G., Lafitte, H.R. y Violic, A. (2001). El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 2001. <http://www.fao.org/3/x7650s15.htm>
- Pérez, T. E., Neira de Perales, M. y Calderón, A. C. (2019). Alternativas ecológicas en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de maíz amarillo duro. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 541-550. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.11>
- PIONNER (s.f.). Staging Corn Growth. Corn Growth Stages Defined. Recuperado el 11 de marzo de 2020 de https://www.pioneer.com/us/agronomy/staging_corn_growth.html#CornGrowthStagesDefined_1
- Quevedo, W. (2013). Manual Técnico Maíz Blanco Urubamba (Blanco Gigante Cusco). Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. (2013c). Serie Manual N° 13. Cusco, Perú, <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/87>
- Rivas, C.A. y Rodríguez, Ch.J. (2020) Descripción de los estados de desarrollo de *Dalbulus maidis* (DeLong) (Hemiptera: Cicadellidae) Vector de enfermedades en maíz. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Sánchez, J.J., Valle, D.J., Pérez, T. E., Neira de P.M y Calderón, A. C. (2019). Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: Uso de nematodos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 551-557. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.12>
- Suelos (s.f.) Recuperado el 28 de julio de 2020 de <https://suelosutiles.weebly.com/about.html>
- Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria - SUNAT. Recuperado el 11 de marzo de 2020 de <http://www.sunat.gob.pe/estadisticasestudios/exportaciones.html>
- Tejada, T. (2000). Control de los Gusanos de la Mazorca del Maíz. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Baños del Inca – Cajamarca. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/381>
- Totis, L.E. (2020). Requerimientos agroclimáticos del cultivo de maíz. En: Bases para el Manejo del Cultivo de Maíz. Guillermo H. Eyherávide. Programa Nacional Cereales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Argentina. https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_bases_para_el_manejo_de_maiz_reglon_100-2_2.pdf
- Urbano, P. (2001). Tratado de Fitotecnia General. Universidad Politécnica de Madrid. Editorial Mundi Prensa.



Instituto Nacional de Innovación Agraria







Instituto Nacional de Innovación Agraria

D: Av. La Molina 1981, La Molina

T.: (511) 240 2100

www.inia.gob.pe



PERÚ

Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego

ISBN: 978-9972-44-047-2

