

MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE

MAÍZ

AMARILLO DURO



Ministerio
de Agricultura y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria

EL PERÚ PRIMERO



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA

MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE

MAÍZ

AMARILLO DURO

MANUAL TÉCNICO DEL CULTIVO DE MAÍZ AMARILLO DURO

Ministro de Agricultura y Riego
Ing. Jorge Luis Montenegro Chavesta

Viceministro de Desarrollo e Infraestructura Agraria y Riego
Econ. Carlos Alberto Ynga La Plata

Viceministra de Políticas Agrarias
Econ. Paula Rosa Carrión Tello

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

© Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA

Autores:

Miguel Ángel Barandiarán Gamarra, Ph. D.
Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario -DDTA

Revisión Técnica:

Alexander Chávez Cabrera, Ph.D.
Teófilo Wladimir Jara Calvo, M.Sc.

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, M.Sc.

Revisión de contenido:

Betty Flores Gonzales
Heillen Calderón Castillo
Gabriela Salazar Alvarez

Diseño y diagramación:

Abner Fernando Mio Torrejón
Luis Carlos Arévalo Mercado

Publicado:

Abril, 2020

Primera Edición:

Abril, 2020

Tiraje:

1000 ejemplares

Impreso en:

Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA

RUC: 20131365994

Teléfono: (51 1) 240-2100 / 240-2350

Dirección: Av. La Molina 1981, Lima- Perú

Web: www.inia.gob.pe

ISBN:

978-9972-44-051-9

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-03758

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

Tabla de contenido

1. Introducción	9
2. Importancia del maíz amarillo duro	12
2.1 Situación mundial	12
2.2 Situación nacional	15
2.3 Situación en la costa norte	19
2.4 Importaciones	20
3. Tipos de maíces y sus usos	24
3.1. Maíz cristalino (<i>Zea mays</i> var. <i>indurata</i> St.)	24
3.2. Maíz dentado (<i>Zea mays</i> var. <i>identata</i> St.)	25
3.3. Maíz harinoso (<i>Zea mays</i> var. <i>amilacea</i> St.)	26
3.4. Maíz tunicado (<i>Zea mays</i> var. <i>tunicata</i> St.)	27
3.5. Maíz morocho	28
3.6. Maíz dulce (<i>Zea mays</i> var. <i>saccharata</i> St.)	29
3.7. Maíz reventón (<i>Zea mays</i> var. <i>evarta</i> St.)	30
3.8. Maíz ceroso (<i>Zea mays</i> var. <i>ceratina</i> Kul)	31
3.9. Maíz de alta amilosa	31
3.10. Maíz de alta calidad proteica	31
4. Morfología y estados de desarrollo	34
4.1 La planta de maíz	34
4.1.1 Órganos vegetativos	35
Sistema radicular	35
El tallo	35
Las hojas	35
4.1.2 Órganos reproductivos	36
La panoja	36
La mazorca	38
El grano de maíz	39
4.2 Estados de desarrollo de la planta de maíz	40
4.2.1 Estados vegetativos	41
4.2.2 Estados reproductivos	43
5. Variedades e híbridos	46
5.1 Variedades de polinización libre (VPL)	46
5.1.1 Obtención de semilla propia de VPL	46



5.2	Híbridos	47
5.2.1	Clases de híbridos	49
5.2.2	Producción de semilla de híbridos	50
6.	Agroecología del cultivo	54
6.1	Factores agroclimáticos	54
6.1.1	Temperatura	54
6.1.2	Agua	54
6.1.3	Radiación solar	55
6.1.4	Fotoperíodo	56
6.2	Suelos	56
6.2.1	Características físicas	56
6.2.2	pH	57
6.2.3	Salinidad	58
7.	Preparación del suelo	62
7.1	Labranza convencional	62
7.2	Labranza no convencional	64
8.	Riegos	68
9.	Siembra	74
9.1	Época de siembra	74
9.1.1	Elección de la variedad o del híbrido	74
9.2	Densidad y profundidad de siembra	75
10.	Fertilización	82
10.1	Fertilización química	82
10.1.1	Macronutrientes (Nutrientes primarios)	82
	Nitrógeno (N)	82
	Fósforo (P)	84
	Potasio (K)	86
	Azufre (S)	87
	Calcio (Ca)	87
	Magnesio (Mg)	88
10.1.2	Micronutrientes (Nutrientes secundarios)	88
	Boro (B)	88
	Zinc (Zn)	88
10.1.3	Momentos de aplicación del fertilizante químico	88
10.1.4	Cantidad de fertilizante a aplicar	89
10.1.5	Fertilizantes disponibles en el mercado	90



10.2 Fertilización orgánica	91
10.3 Análisis de suelos e interpretación	92
11. Manejo integrado de plagas	100
11.1 Generalidades y principios	100
11.1.1 Principios del control integrado de plagas	100
11.2 Manejo integrado de insectos	101
11.2.1 Tipos de insectos plaga	101
11.2.2 Factores que favorecen a los insectos plaga	102
11.2.3 Evaluación de insectos plaga	102
11.2.4 Principales insectos plaga	104
11.3 Manejo Integrado de enfermedades	111
11.3.1 Principales enfermedades	111
11.4 Manejo Integrado de malezas	116
12. Cosecha	120
12.1 Estimación del rendimiento antes de la cosecha	120
12.2 Momento de cosecha	121
12.3 Análisis del rendimiento	122
12.4 Factores limitantes del cultivo según el estado de desarrollo	123
12.5 Postcosecha: secado y almacenamiento	125
13. Costos de producción y rentabilidad	128
14. Referencias	132
Anexo	136

Presentación

El maíz amarillo duro es uno de los cultivos con mayor superficie sembrada en el Perú (255 mil hectáreas), sin embargo, la producción actual no logra abastecer la demanda nacional requerida, existiendo una brecha insatisfecha que debe ser atendida en el futuro. Bajo este contexto, el maíz se convierte en un insumo clave para la seguridad y soberanía alimentaria. En las últimas tres décadas, la producción de este tipo de maíz ha crecido sostenidamente pasando de 480 784 toneladas en 1990 a 1 271 825 toneladas en 2019 (MINAGRI – OIA, 2020).

El Ministerio de Agricultura y Riego, a través del Instituto Nacional de Innovación Agraria, ente rector del Sistema Nacional de Innovación Agraria (SNIA), pone a disposición de los productores, profesionales y técnicos agropecuarios del país el presente documento denominado: “**Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro**”, publicación producida con un lenguaje claro y sencillo para los agricultores y técnicos dedicados a este cultivo en todo el territorio nacional, el cual podrá ser utilizado con fines académicos y técnico – científicos desde la fase de planeamiento así como durante el proceso de producción del maíz amarillo duro en las regiones de costa y selva del Perú.

El presente documento técnico recoge información estadística de la situación actual del maíz amarillo duro a nivel nacional y mundial, información científica basada en investigación de campo realizada en los centros internacionales y, sobre todo, recoge las experiencias resultantes de trabajos realizados por investigadores y técnicos del Programa Nacional de Investigación en Maíz del INIA, desarrollados desde el lanzamiento de la primera variedad de polinización libre Marginal 28 Tropical el año 1984, hasta la formación del híbrido simple INIA 619-Megahíbrido en el 2012. Los datos que aquí se describen están respaldados por informes y documentos técnicos y científicos que forman parte del acervo institucional y de la historia de la investigación en maíz amarillo duro nacional que ha venido realizando el INIA.

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



1. Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es una planta originaria de América y es uno de los cereales más importantes en la alimentación mundial. En la actualidad, su cultivo es el más extendido en nuestro planeta, siendo más de 70, los países que cosechan anualmente más de 200 millones de hectáreas. Al contar con un amplio rango de adaptación, puede ser sembrado en una gran variedad de ecosistemas, desde el nivel del mar hasta pequeños nichos en las orillas del Lago Titicaca, a más de 3 800 m. s. n. m., y desde los 55 grados de latitud norte hasta los 40 grados de latitud sur, creciendo con temperaturas que van desde 2 °C hasta 40 °C. Como consecuencia, se ha desarrollado una gran variabilidad genética representada por más de 300 razas, encontrándose maíces como la variedad “Gaspe Flint” de Canadá, cuya altura de planta es de 90 cm, florea en 36 días y se cosecha en 70 días, en contraste con maíces de la raza “Tehua” de México que alcanzan los 6 m de altura, florecen en 150 días, y se cosecha en más de 200 días.

En el Perú, el maíz amarillo duro es uno de los cultivos con mayor superficie sembrada. Sin embargo, la producción no logra abastecer la demanda nacional, convirtiéndose en un producto clave para la seguridad y soberanía alimentaria. La costa peruana presenta condiciones agroclimáticas excepcionales para la producción de muchos cultivos, entre ellos el maíz amarillo duro, y a pesar de que existen áreas maiceras de alta productividad, la brecha tecnológica medida como la diferencia entre rendimientos experimentales y los rendimientos comerciales, es muy amplia, lo que da opción a elevar la productividad promedio del cultivo a valores significativamente mayores a los actuales. Para lograrlo, es necesario que nuestros productores maiceros, así como los profesionales agrarios que interactúan con ellos, incorporen sostenidamente, conocimientos actualizados y nuevas experiencias, que les permitan entender mejor la relación entre los diversos procesos fisiológicos y las labores agronómicas del cultivo, que conducen a la obtención de mayores rendimientos, que conduzcan a mejorar la eficiencia del manejo del cultivo y a la obtención de mayores rendimientos en la producción.



2



Importancia del maíz amarillo duro





2. Importancia del maíz amarillo duro

2.1 Situación mundial

Los cereales, son el grupo de alimentos más importantes a nivel mundial. De los ocho principales cereales para la alimentación humana, alrededor del 90 % del total consumido en el mundo son arroz, trigo y maíz, que a su vez representan más del 50 % del total de la ingesta calórica de los habitantes del planeta. Sin embargo, las preferencias de estos tres cereales varían entre regiones continentales. El arroz es consumido principalmente en Asia y varios países de Sudamérica; el trigo lo es en América, Europa, Asia Central y el Este Medio; mientras que el maíz es preferido en los países de la costa este y el sur de África, al igual que en México y Centro América. Por otro lado el maíz constituye el insumo más importante en la alimentación pecuaria destinada a la producción de carne para el consumo humano. (Ranum, Peña-Rosas y García-Casal, 2014).

En el año 2018, a nivel global, el maíz se ubicó segundo en área cosechada (193 733 568 ha) después del trigo (214 291 888 ha) y antes del arroz (167 132 623 ha), sin embargo, su producción, fue superior a estos dos cereales debido a su mayor productividad promedio, que fue de 5.9 t/ha en 2018 (FAOSTATS, 2019). En el año 2018, la producción global alcanzó 1,123.3 millones de toneladas (Mt) de los cuales, los Estados Unidos de América y la China produjeron en conjunto el 55.3 %, es decir 364.3 Mt y 257.3 Mt, respectivamente (Figura 1). En América Latina, los mayores productores fueron Brasil, Argentina y México con 101.0, 51.0 y 27.6 Mt, respectivamente (USDA – FAS, Grain: World Market and Trade, 2020).

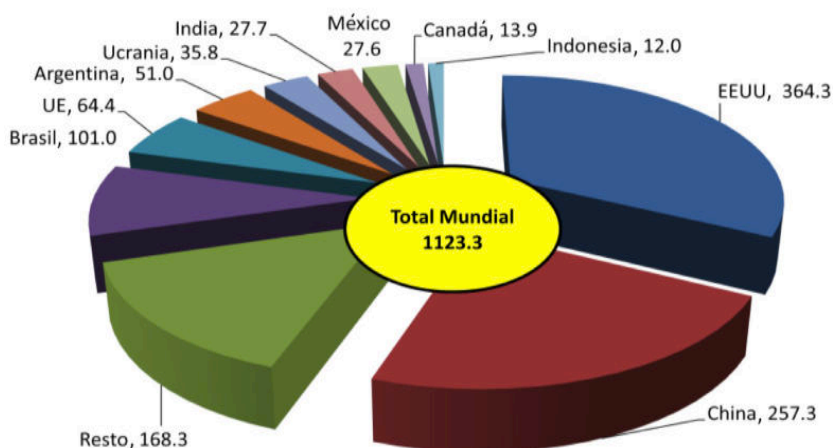


Figura 1. Producción mundial de maíz amarillo duro en millones de toneladas en 2018.

Recuperado de United States Department of Agriculture, 2020.

En ese mismo año, el consumo mundial de maíz fue de 1126.6 Mt, es decir 3.3 Mt (0.29 %) más que el total producido. En estas situaciones cuando el consumo supera a la producción, los países exportadores cubren la brecha apelando a sus reservas internacionales. Los mayores consumidores fueron igualmente los Estados Unidos y China con 310.5 Mt y 274.0 Mt, respectivamente, equivalente al 51.9% del total producido (Figura 2). En América Latina, Brasil (67.0 Mt) y México (44.1 Mt) fueron los mayores consumidores, (USDA – FAS, Grain: World Market and Trade, 2020).

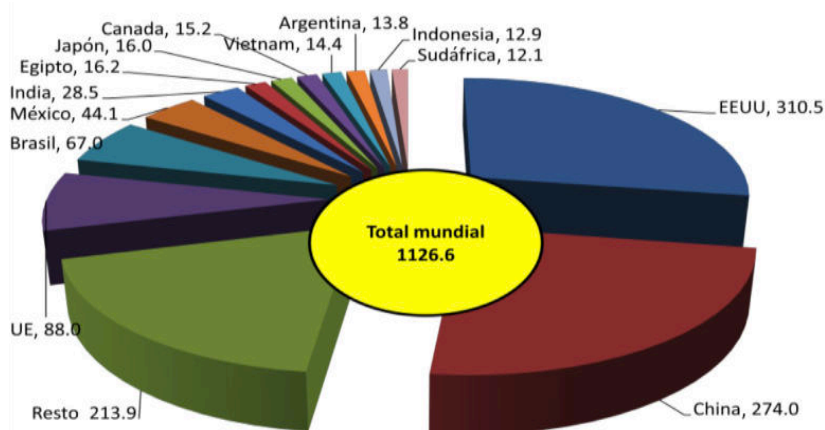


Figura 2. Consumo mundial de maíz en millones de toneladas en 2019.

Recuperado de United States Department of Agriculture, 2020.

La producción agrícola depende del área dedicada a un cultivo y a su productividad, es decir, la cantidad de producto por hectárea. Por lo tanto, si aumentamos ambos componentes, o solo uno de ellos, se aumenta la producción. En el caso del maíz, la producción mundial continúa creciendo sostenidamente desde 1918, cuando el científico norteamericano Jones, propuso el uso de híbridos dobles, los cuales reemplazaron rápidamente a las variedades de polinización libre, mucho menos rendidoras. Actualmente, el uso cada vez más extendido de híbridos simples, y la aplicación de herramientas tecnológicas en muchos países, para superar los daños o limitaciones de factores bióticos (insectos, enfermedades) y abióticos (sequía, falta de nitrógeno), continúan incrementando los promedios nacionales de productividad del cultivo.

En los últimos 25 años, la producción mundial creció de manera sostenida pasando de 476 millones de toneladas (MT) en 1993, a 1147 millones de toneladas en 2018, es decir en 141 %, como resultado del incremento de la superficie dedicada al cultivo, que pasó de 131 a 194 millones de hectáreas, y del incremento en la productividad promedio del cultivo que subió de 3.63 t/ha a 5.92 t/ha, esto es, un incremento de 2.29 toneladas por hectárea o 63.1%, entre 1993 y 2018 (Tabla 1 y Figura 3).


Tabla 1

Producción, superficie y rendimiento por hectárea a nivel mundial. Serie histórica 1993 – 2018.

Año	Producción total global		Superficie cosechada		Rendimiento de grano	
	t x millón	% incremento	ha x millón	% incremento	t/ha	% incremento
1993	476.77		131.34		3.63	
1994	569.01	19.35	138.11	5.15	4.12	13.5
1995	517.29	-9.09	135.77	-1.69	3.81	-7.52
1996	589.27	13.91	139.64	2.85	4.22	10.76
1997	585.51	-0.64	141.09	1.04	4.15	-1.66
1998	615.8	5.17	138.69	-1.7	4.44	6.99
1999	607.18	-1.4	137.06	-1.18	4.43	-0.23
2000	592.48	-2.42	137.15	0.06	4.32	-2.48
2001	615.53	3.89	137.4	0.18	4.48	3.7
2002	604.87	-1.73	137.47	0.05	4.4	-1.79
2003	645.16	6.66	144.65	5.23	4.46	1.36
2004	728.97	12.99	147.56	2.01	4.94	10.76
2005	713.68	-2.1	148.07	0.34	4.82	-2.43
2006	706.85	-0.96	146.65	-0.96	4.82	0
2007	790.11	11.78	158.34	7.97	4.99	3.53
2008	830.61	5.13	165.79	4.71	5.01	0.4
2009	820.2	-1.25	158.65	-4.31	5.17	3.19
2010	851.27	3.79	164.02	3.39	5.19	0.39
2011	887.11	4.21	171.26	4.41	5.18	-0.19
2012	875.31	-1.33	178.63	4.31	4.9	-5.41
2013	1017.54	16.25	185.68	3.95	5.48	11.84
2014	1039.23	0.40	185.74	-1.22	5.59	1.64
2015	1052.13	1.24	190.58	2.61	5.52	-1.25
2016	1126.99	7.12	195.61	2.64	5.76	4.35
2017	1164.4	3.32	197.47	0.95	5.90	2.43
2018	1147.62	-1.44	193.73	-1.89	5.92	0.34

Elaboración propia, con datos de FAOSTAT, 2018.

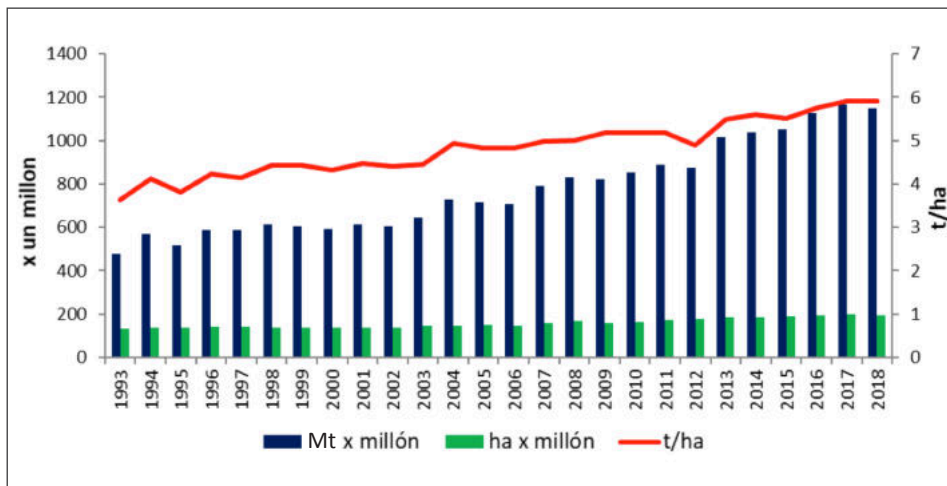


Figura 3. Producción, superficie cosechada y rendimiento de maíz en el mundo (1993 – 2018).

Recuperado de FAOSTATS, 2018.

2.2 Situación nacional

En el Perú se cultivan principalmente dos tipos o variedades de maíces:

- Los maíces de altura, sembrados desde los 2 000 m s. n. m. En los Andes, se caracterizan por tener un endospermo amiláceo, lo que les confiere una textura muy suave, por lo que son utilizados para consumo humano directo en diversas formas: hervido (mote), tostado (cancha), humitas, tamales, chicha, etc. Este tipo de maíz es uno de los alimentos básicos del poblador rural alto andino.
- Los maíces amarillos duros, sembrados en la costa y en la selva; son del tipo dentado y utilizados para la industria avícola y porcina, principalmente.

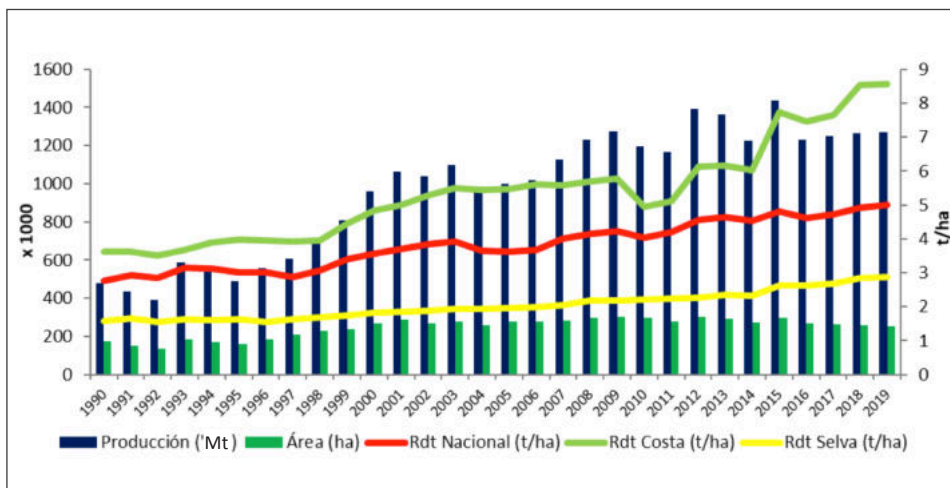


Figura 4. Serie histórica de maíz amarillo duro en el Perú. 1990 - 2019. Producción (toneladas), superficie (ha), rendimiento (t/ha).

Recuperado de DGESEP-MINAGRI, 2018.

Siguiendo la tendencia mundial, en los últimos 30 años, la producción de maíz amarillo duro en nuestro país ha venido creciendo sostenidamente pasando de 480 784 toneladas en 1990 a 1 271 825 toneladas en 2019, esto es un incremento de 164.5 %, que es explicado por un aumento de alrededor de 80 000 ha (46.7 %) en el mismo periodo de tiempo, y también en la productividad del cultivo, que creció de 2.77 t/ha en 1990 a 4.99 t/ha en 2019, esto es, 80 % (Tabla 2, Figura 4).

Sin embargo, el mayor incremento en la productividad se ha dado en la costa. En 1990 el promedio de rendimiento en la costa fue de 3.62 t/ha, llegando a 8.58 t/ha en 2019, lo que representó 137 % de crecimiento, mientras que en la selva el promedio pasó de 1.58 t/ha a 2.87 t/ha, esto es 81.6 %, (Tabla 3). Existen varias causas de esta marcada diferencia en la productividad promedio de ambas regiones naturales. La tecnología aplicada en la costa se basa en el uso de híbridos y un mejor manejo agronómico del cultivo, con condiciones agro meteorológicas más favorables: mayor radiación solar, menor humedad relativa y un rango promedio de temperatura entre 12 y 30 grados Celsius, que favorece, una mayor producción de materia seca, un ambiente desfavorable para el desarrollo de enfermedades foliares, y una menor incidencia de insectos, patógenos y malezas. Todo lo contrario, sucede en la selva, donde aún sigue muy extendido el uso de variedades de polinización libre, con empleo de tecnologías de escaso manejo agronómico y presencia de alta temperatura y humedad ambiental que favorece una mayor incidencia de plagas y enfermedades, los que limitan la obtención de mayores rendimientos.



Tabla 2

Producción, superficie cosechada y rendimiento de maíz amarillo duro en el Perú. Serie Histórica 1990 – 2019.

Año	Producción	Costa	Selva	Superficie	Costa	Selva	Rendimiento	Costa	Selva
	t	%	%	ha	%	%	t/ha	t/ha	t/ha
1990	480 784	62.0	38.0	173 706	42.1	57.9	2.77	3.62	1.58
1991	433 883	65.4	34.6	148 446	47.9	52.1	2.92	3.63	1.66
1992	392 029	71.8	28.2	137 290	54.4	45.6	2.86	3.50	1.56
1993	586 109	75.1	24.9	186 742	56.5	43.5	3.14	3.69	1.63
1994	536 649	71.3	28.7	171 927	51.9	48.1	3.12	3.91	1.61
1995	488 200	65.3	34.7	161 901	43.6	56.4	3.01	3.97	1.63
1996	559 676	65.6	34.4	185 368	43.4	56.6	3.02	3.96	1.56
1997	605 751	58.2	41.8	210 495	37.3	62.7	2.88	3.92	1.63
1998	702 479	60.9	39.1	229 114	40.3	59.7	3.07	3.94	1.68
1999	806 138	64.4	35.6	236 894	40.4	59.6	3.40	4.44	1.74
2000	959 705	68.8	31.2	269 777	43.9	56.1	3.56	4.84	1.83
2001	1 064 955	69.4	30.6	287 633	44.9	55.1	3.70	5.01	1.85
2002	1 036 945	70.9	29.1	269 424	46.8	53.2	3.85	5.28	1.88
2003	1 097 579	68.1	31.9	280 264	43.4	56.6	3.92	5.51	1.93
2004	982 944	62.9	37.1	259 985	38.5	61.5	3.66	5.44	1.95
2005	999 271	60.8	39.2	276 795	34.3	65.7	3.61	5.48	1.97
2006	1 019 805	63.3	36.7	278 081	38.0	62.0	3.67	5.61	2.00
2007	1 125 200	66.4	33.6	281 663	40.3	59.7	4.00	5.59	2.04
2008	1 231 518	67.6	32.4	297 621	42.0	58.0	4.14	5.70	2.19
2009	1 273 944	67.2	32.8	300 295	40.6	59.4	4.24	5.78	2.19
2010	1 197 622	68.6	31.4	295 850	44.0	56.0	4.05	4.95	2.20
2011	1 167 829	68.1	31.9	278 065	43.3	56.7	4.20	5.11	2.24
2012	1 390 646	71.1	28.9	304 569	44.3	55.7	4.57	6.13	2.28
2013	1 362 330	68.2	31.8	293 364	42.6	57.4	4.64	6.17	2.36
2014	1 225 334	65.5	34.5	270 803	38.6	61.4	4.52	6.03	2.32
2015	1 438 562	69.3	30.7	297 588	40.6	59.4	4.83	6.42	2.41
2016	1 082 195	61.4	38.6	269 323	40.6	59.4	4.27	6.09	2.45
2017	1 249 600	66.5	33.5	265 128	40.9	59.1	4.71	5.84	2.49
2018	1 265 072	63.6	36.4	256 240	36.8	63.2	4.94	6.44	2.63
2019	1 271 825	63.8	36.2	254743	37.2	62.8	4.99	8.56	2.88

Recuperado de SIEA-MINAGRI, 2020.

Esta situación explica por qué, históricamente, la costa produce entre el 60 y 65 % del total nacional de maíz amarillo duro, en una superficie de alrededor del 40% del total nacional (Tabla 3).


Tabla 3

Producción, superficie y rendimiento de maíz amarillo duro en el Perú (2019).

Región Natural		Región política	Producción		Superficie		Rendimiento (t/ha)
			toneladas	%	hectáreas	%	
COSTA	Costa Norte	Tumbes	3738	0.29	1219	0.48	3.07
		Piura	60088	4.72	13743	5.39	4.37
		Lambayeque	82030	6.45	13423	5.27	6.11
		La Libertad	123382	9.7	14094	5.53	8.75
		Total	269237	21.17	42479	16.68	6.34
	Costa Centro	Ancash	200312	15.75	17838	7	11.23
		Lima	141287	11.11	14041	5.51	10.06
		Ica	200175	15.74	20087	7.89	9.97
		Total	541774	42.6	51966	20.4	10.43
	Costa Sur	Arequipa	1956	0.15	258	0.1	7.58
		Moquegua	199	0.02	59	0.02	3.38
		Tacna	14	0	5	0	2.8
		Total	2170	0.17	322	0.13	6.74
	TOTAL COSTA			813181	63.94	94767	37.2
SELVA	Selva Alta	Apurímac	4764	0.37	2021	0.79	2.36
		Cajamarca	72087	5.67	18784	7.37	3.84
		Amazonas	32797	2.58	13089	5.14	2.51
		San Martín	111075	8.73	43914	17.24	2.53
		Huánuco	38993	3.07	10331	4.06	3.77
		Pasco	5993	0.47	3625	1.42	1.65
		Junín	25076	1.97	6057	2.38	4.14
		Ayacucho	2869	0.23	1116	0.44	2.57
		Cusco	5386	0.42	3389	1.33	1.59
		Puno	4316	0.34	2617	1.03	1.65
	Huancavelica	1330	0.1	851	0.33	1.56	
	Total	304686	23.96	105793	41.53	2.88	
	Selva Baja	Loreto	108510	8.53	37058	14.55	2.93
		Ucayali	25512	2.01	10719	4.21	2.38
		Madre de Dios	19937	1.57	6406	2.51	3.11
Total		153959	12.11	54183	21.27	2.84	
TOTAL SELVA			458645	36.06	159976	62.8	2.87
TOTAL NACIONAL			1271825	100	254743	100	4.99

Elaboración propia con datos de SIEA-MINAGRI, 2020.

En nuestro país, las mayores zonas maiceras se ubican en la selva, siendo la Región San Martín la que tuvo la mayor superficie maicera en 2019, con 43 914 ha (17.24 %), seguido por Loreto con 37 058 ha (14.55 %). En la costa, en ese mismo año, en Lima se sembraron

14 041 ha (5.51 %), y en La Libertad 14 094 ha (5.51 %). Por otro lado, las áreas maiceras más importantes de la costa se ubican en la costa central y en la costa norte, y en ambas se cosechó el 37.1 % de la superficie total y su producción fue el 63.8 % del total nacional para ese año. En el año 2019, los más altos rendimientos promedio fueron para las Regiones de la costa central, Ancash, Lima e Ica, con 11.23, 10.06 y 9.97 t/ha, respectivamente. Los menores rendimientos en costa estuvieron en las regiones Tumbes y Tacna con 3.07 t/ha y 2.8 t/ha, cada uno, mientras que en la sierra, las regiones Huancavelica, Cusco, Pasco y Puno, con 1.56, 1.59, 1.65 y 1.65 t/ha, (Tabla 3).

2.3 Situación en la costa norte

La productividad promedio en las regiones que conforman la costa norte de nuestro país, Tumbes, Piura, Lambayeque y La Libertad, presenta grandes diferencias. Tomando como referencia el año 2019, y como base (100 %) la región Tumbes, la productividad de La Libertad, Lambayeque, y Piura fue 186 %, 100 %, y 44 %, respectivamente (Tabla 4). Las causas de estas grandes brechas son similares, aunque en menor proporción, a las descritas para explicar las diferencias en productividad entre costa y selva. Por otro lado, el área dedicada al cultivo no es estable a través de los años, lo cual podría ser explicado por oportunidades de precio y también a condiciones agroclimáticas, que se reflejan en la producción regional, más no en el rendimiento que si muestra una tendencia positiva, (Tabla 4, Figura 5). La mayor superficie sembrada ocurre en La Libertad, mientras que en Lambayeque y Piura son similares; en Tumbes se siembra alrededor de 1000 ha.

Tabla 4

Producción (t x 1000), superficie (ha x 1000) y rendimiento de maíz amarillo duro en la costa norte del Perú (2008 – 2019)

Año	Tumbes			Piura			Lambayeque			La Libertad			Total		
	t	ha	t/ha	t	ha	t/ha	t	ha	t/ha	t	ha	t/ha	t	ha	t/ha
2008	2.21	0.8	2.65	61.38	17.9	3.44	109.90	19.8	5.54	253.40	33.7	7.52	426.80	72.2	4.79
2009	3.01	1.2	2.55	67.14	16.8	4.00	138.10	23.4	5.91	226.80	27.9	8.13	435.10	69.2	5.15
2010	3.48	1.2	2.84	76.14	19.7	3.86	122.70	20.1	6.11	261.50	31.2	8.37	463.90	72.3	5.29
2011	0.93	0.4	2.30	82.08	18.9	4.34	109.40	16.4	6.65	260.50	29.2	8.91	452.80	65	5.55
2012	4.24	1.5	2.91	64.88	16.9	3.84	150.80	25.6	5.88	308.50	34.4	8.98	528.40	78.4	5.40
2013	3.59	1.2	3.04	76.85	19.0	4.05	116.70	18.7	6.24	291.10	32.6	8.94	488.20	71.4	5.57
2014	1.07	1.1	1.00	54.39	14.1	3.87	85.72	13.3	6.44	200.70	22.9	8.75	341.80	51.4	5.02
2015	2.58	0.9	2.80	65.00	16.4	3.90	138.90	23.6	5.90	233.10	27.2	8.60	439.60	68.1	6.45
2016	3.19	1.0	3.11	61.67	16.6	3.71	101.80	16.5	6.16	165.50	19.1	8.67	332.20	53.2	6.24
2017	4.58	1.4	3.18	61.77	16.6	3.72	83.43	12.4	6.70	138.10	16.2	8.55	287.90	46.6	6.18
2018	1.15	0.3	3.63	46.84	12.7	3.70	98.65	14.7	6.71	106.50	12.4	8.58	253.10	40.1	6.31
2019	3.74	1.2	3.06	60.09	13.7	4.40	82.03	13.4	6.11	123.40	14.1	8.75	269.30	42.4	6.35

Elaboración propia con datos de OEEE – MINAGRI, 2020.

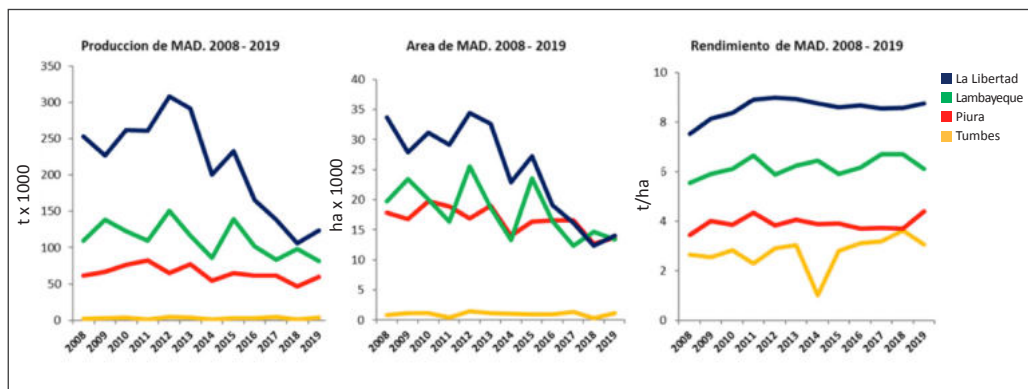


Figura 5. Producción, superficie y rendimiento de maíz amarillo duro en regiones de la costa norte. 2008 - 2019.

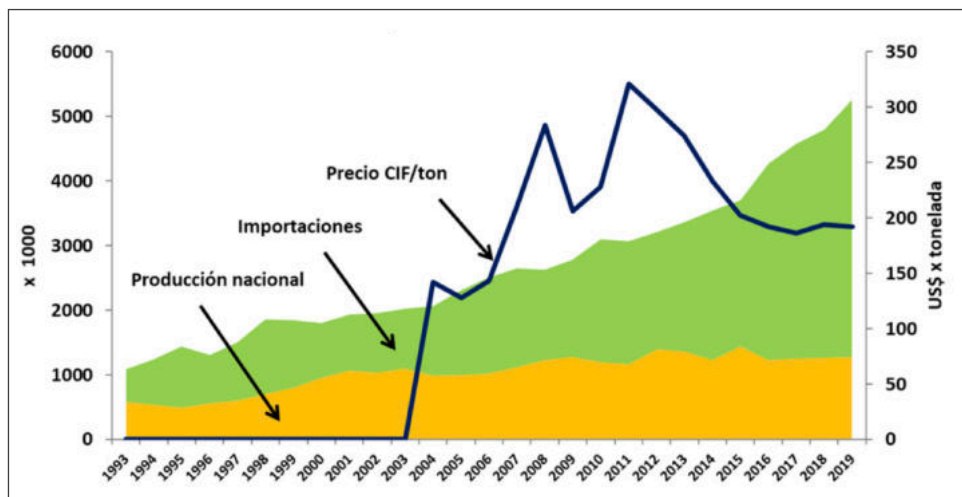
2.4 Importaciones

En el país, el maíz amarillo duro es el principal insumo para la producción industrial avícola y porcina. Desde 1971, el Perú se convirtió en importador de maíz amarillo duro para satisfacer la demanda nacional, cuyo crecimiento ha sido sostenido desde entonces. En paralelo con el incremento del consumo de carne de pollo, que se ha convertido en la fuente proteica más importante, con un consumo *per cápita* estimado en 50.4 kg en 2019, superando al consumo de otras carnes, incluido el pescado. Desde 1993 hasta 2014, el volumen de importaciones se ha incrementado en 362 %, mientras que hasta 2019 este incremento fue de 695 %, representando un importante y creciente egreso de divisas al estado. Actualmente, en promedio de los últimos cinco años, el Perú importa el 60 % de maíz amarillo duro para cubrir la demanda nacional (Tabla 5 y Figura 6). El volumen de importación en 2015 fue de 2 664 118 toneladas a un costo de 540 560 230 USD, y en 2019 fue de 3 983 374 toneladas a un costo de 763 142 539 USD (SIEA, MINAGRO, 2018).

Tabla 5
Demanda nacional de maíz amarillo duro (volumen y valor CIF de importaciones 1993 – 2019)

Año	Producción nacional		Importaciones		Valor CIF USD x 1000 kg	Demanda nacional
	t x 1000	%	t x 1000	%		
2000	960	53	846	47		1 806
2001	1 065	55	872	45		1 937
2002	1 037	53	915	47		1 952
2003	1 098	54	924	46		2 022
2004	983	47	1 087	53	142	2 070
2005	999	43	1 304	57	128	2 303
2006	1 020	41	1 487	59	143	2 507
2007	1 125	43	1 520	57	210	2 645
2008	1 232	47	1 392	53	284	2 624
2009	1 274	46	1 501	54	206	2 775
2010	1 198	39	1 904	61	228	3 102
2011	1 168	38	1 895	62	321	3 063
2012	1 391	43	1 822	57	298	3 213
2013	1 362	40	2 005	60	274	3 367
2014	1 225	35	2 315	65	233	3 540
2015	1 439	39	2 261	61	202	3 700
2016	1 232	29	3 028	71	192	4 260
2017	1 250	27	3 323	73	186	4 573
2018	1 266	26	3 528	74	194	4 794
2019	1 272	24	3 983	76	192	5 255

Elaboración propia con datos de SIEA, MINAGRI, 2020.


Figura 6. Demanda nacional de MAD: producción nacional e importaciones, y valor CIF de importaciones. 1993 - 2019.

Recuperado de MINAGRI 2018- Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas.



3



Tipos de maíces y sus USOS



3. Tipos de maíces y sus usos

El maíz, es usado para la alimentación humana directa, y de manera indirecta como insumo principal en la alimentación de animales para la producción de carne de res, cerdo y pollo, debido a su alta conversión alimenticia, atribuido a su alto contenido de almidón y bajo contenido de fibras, que le confiere un gran contenido de energía neta. Por otro lado, el grano de maíz es el más versátil para uso industrial entre todos los cereales; los productos básicos derivados del grano, almidón, dextrosa, jarabes y solubles, se usan como materia prima para la fabricación de más de 3000 diferentes productos industriales (adhesivos, plásticos, papel, pinturas, etc.), productos alimenticios (azúcar, sopas, harinas, aceite, margarinas, vinos, gelatinas, cervecería, etc.), productos medicinales (antibióticos, aspirinas, jarabes, etc.) y productos cosméticos (lápiz labial, jabones, maquillajes, lociones, máscaras faciales, etc.) (FAO, 2001).

Los maíces, pueden ser clasificados según distintas características: por su madurez, como precoces y tardíos; por su adaptación como tropicales, subtropicales y de altura; por su uso para consumo humano, animal e industrial; por el color del grano, estos pueden ser blancos y amarillos; y pueden tener endospermo duro y suave. Sin embargo, los diferentes tipos de maíces son reconocidos por una clasificación más amplia, según el tipo de endospermo y la apariencia del grano, siendo los más comunes los granos cristalinos, dentados y harinosos, que a su vez pueden ser de color blanco y amarillo (FAO, 2001).

3.1. Maíz cristalino (*Zea mays var. indurata St.*)

Conocido también como tipo “Flint”, se caracteriza por tener un endospermo formado por un almidón duro y corneo, que le da al grano una apariencia traslucida (Figura 7). La dureza de este tipo de almidón, es explicada por una mayor proporción de amilosa y un alto grado de adhesión a las proteínas del endospermo, zeínas principalmente. Su estructura le permite una menor tasa de absorción de humedad, y además son más resistentes al daño de insectos y de enfermedades por lo que toleran mejor el traslado a mayores distancias. Otra característica que se le atribuye a los maíces cristalinos, es una mejor germinación en suelos con mayor humedad y a temperaturas más bajas, por lo que se adapta muy bien a latitudes extremas.

No obstante, este tipo de maíces rinde menos en promedio que los maíces dentados. Es muy usado en la alimentación humana, principalmente como maicenas, y también en verde en los países desarrollados del hemisferio norte. Las mayores zonas sembradas, con este tipo de maíces, se ubican en la Argentina y en el sur de Europa.



Figura 7. Maíz cristalino.

Recuperado de Frutas y verduras, 2020

3.2. Maíz dentado (*Zea mays var. indentata St.*)

Este tipo de maíz es el más común en las grandes zonas productoras del mundo. Es el tipo de maíz amarillo duro que se siembra en el Perú y preferido para la industria de aves por su mayor contenido de betacaroteno. El grano, se caracteriza por tener un endospermo córneo y duro en su parte externa, que rodea una porción interna de almidón suave que se extiende hacia la parte superior del grano, y que al perder humedad contrae el pericarpio dándole la apariencia dentada clásica (Figura 8). Los maíces dentados de granos blancos, son utilizados principalmente para consumo humano directo en países del África Subsahariana, México y Centro América, también es preferido como insumo en la industria de alimentos para humanos (Sánchez, 2014).



Figura 8. Maíz dentado.

Recuperado de Irish Eyes Garden Seeds

3.3. Maíz harinoso (*Zea mays* var. *amilacea* St.)

Está considerado como uno de los tipos más antiguos de maíz, es cultivado en las partes altas de México y en las zonas altoandinas de Sudamérica, principalmente en Perú, Ecuador y Bolivia, donde constituye uno de los alimentos básicos de sus pobladores desde tiempos ancestrales. La superficie sembrada con maíces harinosos en el Perú, se mantiene en los últimos años en alrededor de 250 mil hectáreas. El grano de estos tipos de maíces está formado casi en totalidad por almidón suave que le confiere una textura muy ligera, pero al mismo tiempo lo hace muy susceptible al ataque de insectos (Figura 9). Sus formas de uso son muy variadas. Es consumido hervido en estado de grano pastoso como “choclo” o procesado artesanalmente como “humita”. En estado de grano maduro, se consume tostado o “cancha” y como “tamal” a partir de una masa hecha del grano hervido y pelado. El grano también es utilizado para hacer la “chicha”, bebida fermentada cuya elaboración se remonta a los pueblos preincaicos de Sudamérica (AgroAIDía, 2012).



Figura 10. Maíz tunicado.

Recuperado de SeedsGallery, 2020.

3.5. Maíz morocho

Los granos de este tipo de maíz se caracterizan por tener una parte central harinosa suave, que muchas veces ocupa la mayor parte del endospermo, rodeada por un almidón vítreo. Su siembra está muy extendida en la sierra norte del Perú; sin embargo, se encuentra a lo largo de toda la sierra de nuestro país en altitudes que van desde los 1 800 a los 3 000 m s. n. m. (Pinedo, 2015).



Figura 11. Maíz morocho (variedad INIA 604-Morocho).

Un segundo grupo importante de maíces son aquellos considerados como “Especiales”, entre los que se encuentran los maíces dulces y los maíces reventones.

3.6. Maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata* St.)

Estos maíces poseen un alto contenido de azúcares, condicionado por la expresión de genes mutantes que previenen la conversión de las moléculas de azúcares simples en moléculas de almidón durante el desarrollo del endospermo. El gen *su* (sugary) es un mutante de la raza Chullpi, originaria de los andes peruanos, consumido localmente como “cancha”. En la actualidad, el contenido de azúcares de este tipo de maíces se ha incrementado por la acción de genes modificadores tales como el gen *sh2* (shrunken-2) y el gen *se* (sugary enhancer). Las mazorcas de este tipo de maíz con mayor contenido de azúcares son consumidas en verde, como “choclo”, principalmente en los Estados Unidos de América y en Europa (Figura 12).



Figura 12. Maíz dulce (variedad INIA 622-Chullpi Sara).

3.7. Maíz reventón (*Zea mays* var. *everta* St.)

Llamado también “pop corn”, “palomitas de maíz” o “canchita” en el Perú. Este maíz, es considerado como otro de los tipos más primitivos. Sus granos son pequeños, y completamente cristalinos (Figura 13). Al ser sometidos a altas temperaturas, el agua en su interior se vaporiza lo que causa una enorme presión interna que hace explotar al almidón del endospermo expandiéndolo fuera del grano. Se consume prácticamente en todo el mundo como snack.



Figura 13. Maíz reventón.

Recuperado de Frutas y verduras, 2020.

Un tercer grupo son los maíces para “propósitos especiales”, originados a partir de alteraciones genéticas que modifican su composición química o nutricional. Entre ellos están los maíces cerosos (*waxy*), los maíces de alta amilosa (amilomaíz), y los maíces de alta calidad proteica (*QPM*, *Quality Protein Maize*).

3.8. Maíz ceroso (*Zea mays* var. *ceratina* Kul)

Sus granos tienen una apariencia cerosa que les da su nombre. El tipo de almidón de su endospermo es casi enteramente amilopectina, en contraste con los maíces normales que contienen solo entre 70 - 75 % de esta forma de almidón. Este tipo de endospermo, se debe a la expresión del gen *wx* (*waxy*), una mutación detectada inicialmente en China. El almidón de estos maíces, tiene una alta demanda en la industria alimentaria como estabilizante y espesante de salsas, rellenos de pasteles, entre otros (Walden, 1978).

3.9. Maíz de alta amilosa

A diferencia del contenido normal de 25 - 27 %, los granos de este tipo de maíz contienen más de 50 % de amilosa, debido a la expresión del gen *ae* (*amylose-extender*). El almidón de los maíces de alta amilosa se usa en la industria textil, en dulces de goma, y como adhesivo en la fabricación de cartón corrugado (Halley & Avérous, 2014).

3.10. Maíz de alta calidad proteica

Estos maíces poseen un contenido de aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, que duplica el contenido de los maíces normales, como resultado de la expresión del gen *o2* (*opaco-2*) encontrado en el germoplasma altoandino peruano. Las características negativas de calidad de grano ligadas originalmente al gene *opaco-2*, se superaron con el uso de genes modificadores del endospermo, lo que permitió la incorporación de este gen a los maíces normales. La respuesta alimenticia con maíces *QPM* resulta en ganancias de peso superiores al logrado con el uso de maíces normales, principalmente en animales monogástricos, lo mismo que en humanos, habiéndose demostrado que el contenido de proteínas de alta calidad de estos maíces equivale al 90 % del contenido de proteínas similares a las de la leche (Prasanna et al., 2001).



4



Morfología y estados de desarrollo





4. Morfología y estados de desarrollo

4.1 La planta de maíz

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie anual, monocotiledonea, que pertenece a la clase Liliópsida, orden Cyperales y familia Poaceae (Graminae). La planta de maíz es monoica, es decir, con flores estaminales funcionales ubicadas en la panoja, que se encuentra en la parte terminal del tallo, y con flores pistiladas que se agrupan en las mazorcas que nacen a la altura de la quinta o sexta hoja, contadas desde la panoja (Figura 14). El maíz es una Poaceae típica, con tallos formados por nudos y entrenudos, y hojas arregladas en forma alterna que nacen de yemas ubicadas en los nudos. Tiende a ser de naturaleza protándrica, ya que la floración masculina ocurre normalmente antes de la floración femenina. El maíz es un cultivo alógamo, de polinización cruzada, es decir, las flores femeninas son fertilizadas por el polen de otras plantas, que son diseminados por el viento. Es una especie diploide, y sus células somáticas poseen 20 cromosomas.

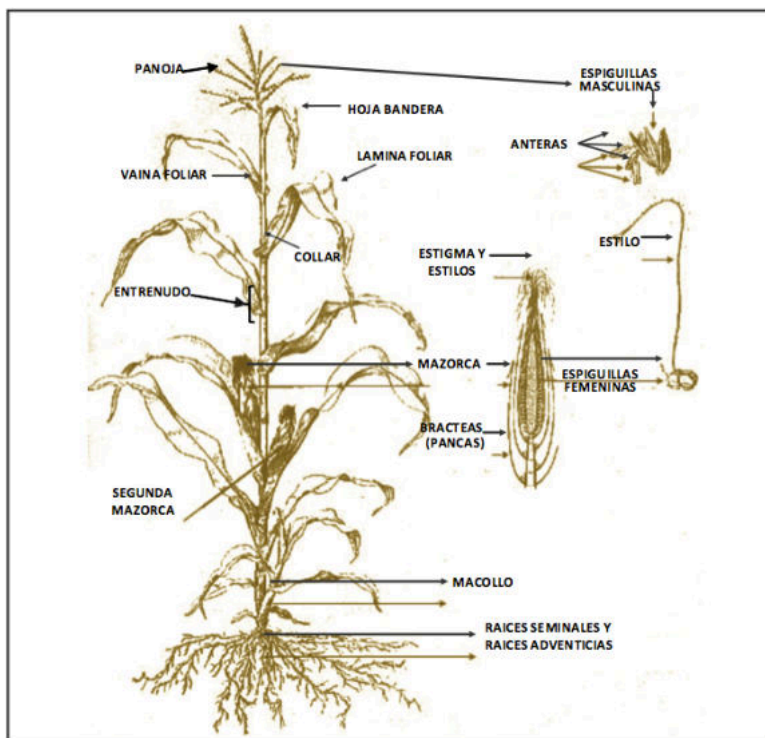


Figura 14. La planta de maíz y sus partes.
Recuperado de imagui.

El punto de crecimiento de la planta de maíz, zona de desarrollo meristemático y de diferenciación celular de los principales órganos, emerge a la superficie del suelo cuando la planta tiene entre 25 - 30 cm de altura. Para entonces, ya todos los órganos vegetativos y reproductivos están formados.

4.1.1 Órganos vegetativos

Sistema radicular

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

Las raíces adventicias, se forman en los primeros entrenudos que adoptan la forma de un cono invertido. De la base de cada entrenudo, se forma una especie de corona formada por 4 - 5 raíces y su número aumenta en cada entrenudo superior hasta el séptimo u octavo entrenudo bajo la superficie del suelo. Las coronas de raíces adventicias, continúan formándose hasta los primeros entrenudos sobre la superficie del terreno, proporcionando a la planta un anclaje adecuado al suelo. Se estima que en general, el 75 % de la masa radicular se concentra hasta los primeros 120 - 150 cm de la superficie del suelo, pudiendo haber raíces que alcanzan una profundidad mayor a 180 cm.

El tallo

El tallo de la planta de maíz, cumple la triple función de dar soporte a la planta, transporte de nutrientes y almacenamiento de carbohidratos. El número de nudos y entrenudos que forman el tallo varía generalmente entre 20 - 30, según la variedad y el ambiente en que se desarrolla la planta. La formación de los nudos y entrenudos ocurre en las etapas tempranas, al estado de plántula; el crecimiento del tallo se produce por el alargamiento de las células de los entrenudos, por esta razón en ambientes desfavorables, tal alargamiento es limitado reduciéndose el tamaño final de la planta. Lo contrario ocurre en ambientes favorables.

Las hojas

Las hojas, nacen de yemas que se encuentran en los nudos del tallo, su número total depende de la variedad y del número de nudos que conforman el tallo. Las



hojas, se disponen de manera alterna a lo largo del tallo y cada hoja consiste en la lámina foliar de forma alargada y lanceolada, que posee una marcada nervadura central y venas delgadas paralelas; la vaina foliar, que rodea el entrenudo; y el cuello o lígula que une a la lámina y a la vaina (Figura 15). La morfología de las hojas, ha cambiado notablemente como resultado de la selección genética, de una forma laxa y de mayor área foliar, a hojas erectas y semi erectas, de menor área foliar pero que exponen una mayor superficie de captación de la energía solar, que son características del germoplasma moderno.

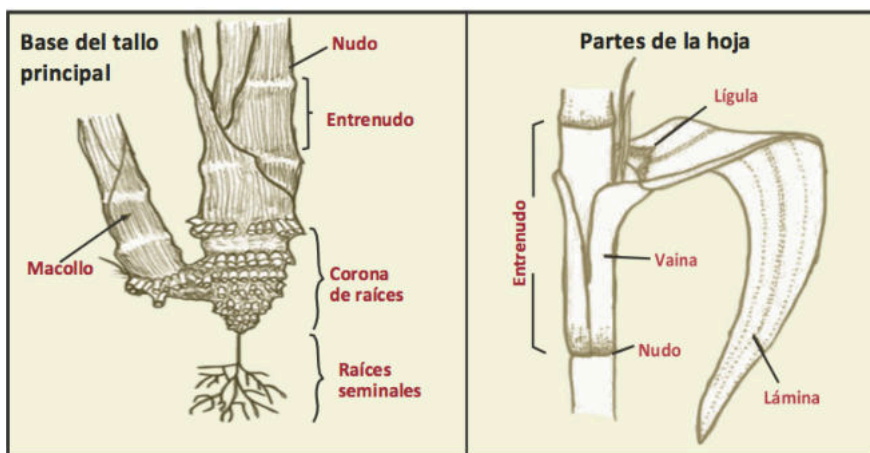


Figura 15. Morfología del tallo y de las hojas de la planta de maíz.

Recuperado de Kiesselbach (1949).

4.1.2 Órganos reproductivos

La panoja

Es la última estructura que se forma en la planta de maíz y ocurre a las dos semanas, después de la emergencia de la plántula. Una vez que terminan de aparecer todas las hojas, empieza a crecer la panoja, iniciándose más tarde la formación de los granos de polen. A la emergencia total de la panoja, se produce la liberación de los granos de polen, que se inicia en la parte inferior del tercio medio superior del eje principal de la panoja, continuando hacia ambos extremos (Figura 16). La liberación de polen de las ramificaciones primarias y secundarias de la panoja siguen el mismo patrón. Cada panoja, puede producir entre 15 - 50 millones de granos de polen, según la variedad, y que son dispersados por el viento para la polinización. El grado de dispersión del polen del maíz es muy variable, ya que depende de la velocidad del viento. Sin embargo, se considera que más del 90 % cae a distancias menores a 50 metros de la planta.

La duración de la antesis depende también de la variedad y la temperatura, pudiendo extenderse hasta 10 días en climas más fríos.



Figura 16. Inflorescencia masculina (panoja).

La mazorca

Se origina a partir de una yema axilar en el nudo, que desarrolla un pedúnculo o tallo modificado muy delgado con entrenudos cortos, de donde crecen las brácteas, que son hojas modificadas que protegen al grano en formación. En su extremo se inicia la formación de la inflorescencia, apareciendo primero las protuberancias basales que se van desarrollando hasta completar el tamaño de la mazorca. Cada protuberancia desarrolla dos lóbulos, los que a su vez desarrollan, cada uno, una espiguilla con dos flores, de las que solo una sobrevive, originándose un solo grano. Esta es la razón por la cual siempre hay un número par de hileras de grano en la mazorca. Las primeras espiguillas en desarrollarse, son las de la parte basal de la mazorca cuyos estigmas emergen antes que aquellas situadas en la parte superior de la misma. El tamaño de la mazorca depende de las condiciones ambientales en que crece la planta; a mayor población de plantas, el tamaño se reduce. El número de hileras varía entre 8 - 24, según la variedad. El número de granos por hileras puede llegar a más de 40 (Figura 17).



Figura 17. Inflorescencia femenina (mazorca).

El grano de maíz

Es un fruto llamado cariopse, en el cual, el intertegumento o pared del saco embrionario se ha unido a la semilla, formada a su vez por el pericarpio, endospermo y embrión (Figura 18).

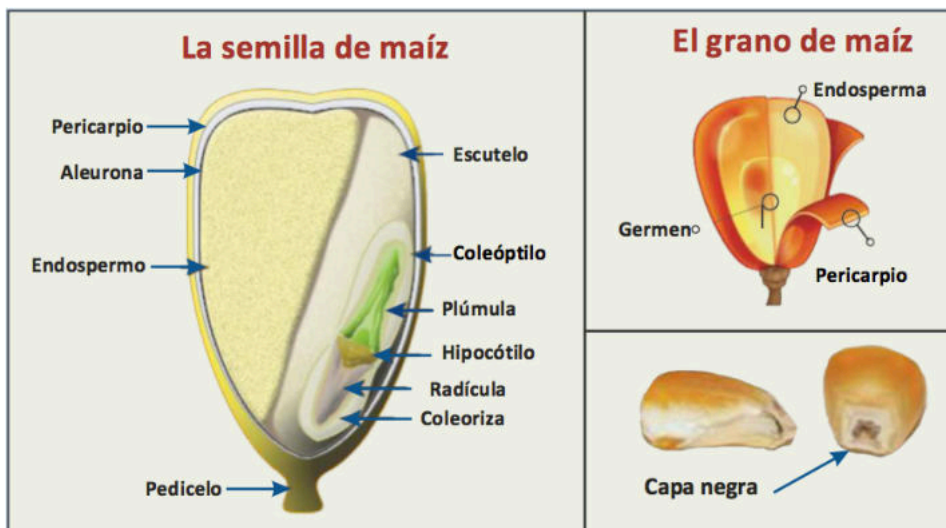


Figura 18. Esquematación del grano de maíz

Recuperado de GeoChemBio, 2020.

El pericarpio “cáscara”, es la parte exterior del grano que protege sus partes interiores. 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.

El endospermo, representa entre el 80 - 85 % del peso total del grano, está formado por 88 % de almidón y 8 % de proteínas. En la parte externa del endospermo está la capa de aleurona, cuya función principal es la producción de enzimas hidrolíticas que convierten las moléculas de carbohidratos, proteínas y lípidos en compuestos más simples, para que puedan ser asimilados por el embrión durante la germinación y emergencia de la plántula. En la base del endospermo, sobre el pedicelo, existe una capa de células modificadas que conducen los fotosintatos de la planta madre que son almacenados al interior del grano, las cuales, una vez completado este proceso, forman la “capa negra”, que sella el grano, cesando el paso de nutrientes. En este punto, el grano de maíz ha llegado a la madurez fisiológica y su contenido de humedad está entre 32 - 35 %. A partir de ahí, el cultivo ya puede ser cosechado, sin embargo, la trilla, o separación del grano de la tusa, no se debe realizar, si no hasta que el contenido de humedad del grano se reduzca a menos de 16 %.



El embrión, representa alrededor del 12 % del peso total del grano, y está formado por un eje central que comprende al tallo embrional y la 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 de maíz germina, la primera estructura seminal en salir es la radícula, mientras que las células del mesocótilo 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.

4.2 Estados de desarrollo de la planta de maíz

La descripción del desarrollo de la planta de maíz se divide en dos grandes estados fenológicos: vegetativo (V) y reproductivo (R). El primero se inicia con la emergencia de la plántula (estado VE) y luego comprende tantos estados como hojas tenga la planta, ya que la aparición de cada hoja marca el inicio de cada estado vegetativo. Así, la aparición de la primera hoja es el estado V1, la segunda hoja es el estado V2, etc., hasta la aparición de la panoja que se considera como estado VT. Cada estado vegetativo, se define con la aparición del cuello o lígula, que indica la total emergencia de la hoja sobre el tallo. Los estados reproductivos comprenden los estados R1, que se inicia con la aparición de los estigmas, hasta el estado R6, que es la maduración fisiológica.

Entender cómo crece y se desarrolla la planta de maíz, ayudará a aplicar más eficientemente las prácticas agronómicas que permitirán la obtención de mayores rendimientos. Iowa State University (2020), tomó como modelo a un híbrido típico de la faja maicera de los Estados Unidos de América, que tiene un periodo vegetativo de 150 días y 18 hojas. La descripción se hará en los estados de desarrollo más importantes.

Luego de la germinación, la plántula se nutre de las reservas nutritivas de la semilla, hasta que emerge a la superficie del suelo, donde inicia una fase de transición, en la cual la plántula continúa alimentándose de la semilla y de los primeros fotosintatos al iniciarse el proceso de la fotosíntesis. En esta etapa, la planta necesita disponer de suficientes elementos nutritivos en el suelo para fortalecer el vigor del crecimiento inicial que le permite competir con mayor ventaja con las malas hierbas. El control de malezas, debe ser efectivo en esta etapa inicial de desarrollo, al igual que el control de gusanos de tierra, para evitar una reducción significativa de la población de plantas sembradas.

4.2.1 Estados vegetativos

Estado V1: aparece la primera hoja embrionaria, que se caracteriza por tener su borde terminal redondeado (Figura 19). El punto de crecimiento está entre 2.5 - 3.8 cm bajo la superficie del suelo. Se le denomina punto de crecimiento al meristemo apical, donde se está iniciando la formación de todas las partes vegetativas y reproductivas de la planta.



Figura 19. Estado V1 de desarrollo vegetativo.

Estado V3: el punto de crecimiento sigue bajo el suelo. La destrucción de la parte aérea de la planta no la mata y no tiene un efecto significativo en el rendimiento, ya que no afecta el punto de crecimiento de la planta. Se inicia la formación de las hojas y mazorcas que tendrá la planta. Se necesita controlar la presencia de insectos que atacan al follaje y asegurar que no haya competencia con malezas.

Estado V5: el punto de crecimiento se encuentra a nivel de la superficie del suelo, se completan las hojas y mazorcas, y se inicia la formación de la panoja. La planta tiene una altura de alrededor de 20 cm. Es importante tener el campo libre de malezas.

Estado V6: el punto de crecimiento con el meristemo de la panoja, se encuentra sobre la superficie del suelo. Se inicia el crecimiento rápido del tallo; por lo tanto,

la demanda de nutrientes es alta. Es necesaria la aplicación de nitrógeno, en suelo húmedo, hasta antes del estado V8.

Estado V9: la panoja inicia un crecimiento rápido, y el tallo continúa su rápido desarrollo. Los retoños de las mazorcas inician su desarrollo en cada uno de los nudos por encima del suelo, excepto los 6 - 8 nudos debajo de la panoja. La demanda de agua y nutrientes es muy grande.

Estado V12: se está determinando el número de granos potenciales (óvulos) y el tamaño de la mazorca. El número de hileras ya está establecido, más no el número de granos por hilera, el cual se define en el estado V17. En este estado la deficiencia de nutrientes y la falta de humedad causan la reducción del número potencial de semillas y el tamaño de la mazorca.

Estado V15: es fundamental que a partir de este estado el campo tenga suficiente humedad, por lo menos hasta después de una semana luego de ocurrido el estado R1, ya que la falta de agua puede reducir significativamente el rendimiento.

Estado V18: la mazorca ya es visible y continúa su rápido desarrollo.

Estado VT: la planta alcanza su tamaño máximo. Se inicia la antesis (Figura 20).



Figura 20. Estado VT: panoja de maíz en plena liberación de polen.

4.2.2 Estados reproductivos

Estado R1: los estigmas están siendo polinizados. Las brácteas (pancas) alcanzan su tamaño máximo entre R1 - R2. La falta de humedad, puede afectar la polinización y producir un pobre desarrollo de los granos.

Estado R2 o estado ampolla: la mazorca alcanza su máximo tamaño. Los estigmas comienzan a secarse. El embrión ya es visible. Se inicia una rápida acumulación de materia seca. Los granos tienen 85 % de humedad.

Estado R3 o estado lechoso: tres semanas después de la floración. El embrión crece muy rápido, lo mismo que la acumulación de materia seca. El contenido de humedad es 80 %.

Estado R4 o estado pastoso: cuatro semanas después de floración. Las hojas embrionales y las raíces seminales, ya se han formado. Continúa la acumulación de materia seca. Los granos comienzan a estrecharse dentro de las hileras de la mazorca. El contenido de humedad es 70 %.

Estado R5 o estado dentado: siete semanas después de floración. Los granos empiezan a secarse a partir de la parte superior. El contenido de humedad es 75 %.

Estado R6 o estado de madurez fisiológica: ocho semanas después de floración. Los granos alcanzan su total desarrollo. El contenido de humedad está entre 30 - 35 %. A partir de este momento, el maíz ya está listo para su cosecha.

La semilla de maíz llega a los agricultores en dos formas: como variedades y como híbridos. Ambos tipos tienen sus ventajas y desventajas, según sea el ambiente en que crecen y el manejo agronómico que se les proporcione. Sin embargo, las variedades tienen un rendimiento de grano mucho menor que el alcanzado por los híbridos. Las variedades más comunes en el mercado de semillas de maíz son las de polinización libre (VPL) y las variedades híbridas o simplemente híbridos.



5



Variedades e híbridos





5. Variedades e híbridos

5.1 Variedades de polinización libre (VPL)

Las variedades de polinización libre (VPL) pueden formarse de dos maneras, la primera a partir de la síntesis o recombinación de familias genéticas seleccionadas, que se derivan de poblaciones que son mejoradas a través de programas de Selección Recurrente. La segunda, recombinando líneas de alta endogamia derivadas de programas de formación de híbridos. Una vez formadas, los agricultores pueden utilizar parte de su producción como semilla para la siguiente siembra, siguiendo procedimientos muy sencillos descritos más adelante. Resultando en una gran ventaja ya que, con variedades de polinización libre, el agricultor no tiene que comprar semilla todas las campañas agrícolas.

5.1.1 Obtención de semilla de variedades de polinización libre (VPL)

Lo primero que se recomienda al agricultor, es que identifique dentro de su campo de producción, un sector con plantas sanas y que tengan buen vigor. El número de mazorcas seleccionadas depende de la cantidad de grano que se quiera obtener como semilla. Sin embargo, su número, en ningún caso, debe ser menor a 100 mazorcas, sanas y completas. La selección de las plantas, debe ser hecha después de la floración, cuando hayan alcanzado su máximo tamaño y es el mejor momento para elegir plantas sanas, que no tengan tallos débiles ni mazorca alta. Una buena práctica es marcar las plantas seleccionadas utilizando tiras delgadas de cartulina que se engrapan alrededor del tallo, en los nudos debajo de la mazorca. Las tiras deben ser de un color que las haga rápidamente visibles. Lo recomendable es recolectar las mazorcas antes de la cosecha del campo, de manera que no se confundan con plantas no marcadas.

El número de plantas a cosechar para semilla, depende de la cantidad de semilla que el agricultor desee tener para sembrar en la siguiente campaña agrícola. Para esto, se puede considerar que una mazorca sana produce 150 g de grano para semilla. Si la densidad de siembra recomendada para variedades de polinización libre es de 25 kg por hectárea, entonces el agricultor debe considerar marcar alrededor de 250 plantas, y a la cosecha seleccionar 180 - 200 mazorcas sanas y representativas de la variedad. Una vez secas se “desgranar”. Con el fin de uniformizar por tamaño la semilla obtenida, es recomendable eliminar la semilla de las “puntas” de las mazorcas, pues éstas son de menor tamaño. La semilla debe ser tratada con algún producto químico para evitar que sean dañadas por insectos, principalmente por gorgojos, y almacenada en un lugar seco y fresco, fuera del alcance de roedores.

5.2 Híbridos

Cuando se habla de híbridos en maíz, o en cualquier otra especie vegetal de interés comercial, se hace referencia a que un grupo de plantas aporta polen (plantas macho), mientras que otro grupo recibe ese polen (plantas hembra), que son las que producen la semilla híbrida. Esto implica que hay que evitar que las plantas hembra produzcan polen, de manera que la única opción que tienen para producir semilla es con el polen de las plantas macho. Para lograrlo, existen genes que producen esterilidad masculina, que son incorporados al genoma de las plantas hembra para volverlas “macho estéril”. Hay otros sistemas para lograr esterilidad masculina usando técnicas de ingeniería genética. En maíz, la práctica más común es despanojar las plantas hembra antes de que liberen el polen.

Los híbridos, se forman cruzando dos o más líneas de alta endogamia (líneas puras o genéticamente homogéneas) que han sido desarrolladas para tal fin. Estas líneas puras son las líneas parentales de los híbridos, las cuales tienen que haber mostrado, al cruzarse, su progenie F1 (primera generación filial) exprese una alta heterosis o vigor híbrido; es decir, que la progenie sea superior a ambos padres. Para poder entender mejor este concepto, se debe saber que las líneas de alta endogamia se obtienen autofecundando artificialmente plantas seleccionadas de maíz, controlando que no reciban polen de otras plantas, ya que el maíz es una especie de polinización cruzada. No obstante, las plantas que nacen de cada generación de autofecundación muestran una marcada pérdida de vigor que se refleja en una reducción significativa del tamaño de la planta y en otras características. Estas autofecundaciones se hacen a través de cinco o más generaciones, hasta que su tamaño se estabiliza y todas las plantas de la línea sean exactamente iguales, debido a que llegan a ser genéticamente homogéneas. Cuando se identifican líneas parentales que al cruzarse forman buenos híbridos, la progenie (F1) recupera el vigor perdido por sus padres, resultando en plantas de vigor completo (vigor híbrido) superior al de sus padres (Figura 21).

Una de las características de los híbridos con respecto a las variedades, es que los primeros producen una población de plantas totalmente uniformes para todas sus características, es decir, plantas fenotípicamente iguales. Las variedades, por el contrario, no producen poblaciones uniformes, lo cual es fácilmente distinguible a simple vista.

Sin embargo, la superioridad en rendimiento y otras características de los híbridos, solo se expresa en la primera generación (F1) de la cruce y no se repite en las generaciones siguientes. Por esta razón, es que la semilla de los híbridos tiene que comprarse cada campaña agrícola. El uso de “semilla de segunda” de híbridos, es decir, utilizar como semilla el grano comercial obtenido de la cosecha del híbrido, no es recomendable porque los rendimientos se reducen significativamente. La mayor reducción de rendimiento utilizando como semilla los granos F2, puede ser hasta el 50 % en los híbridos simples (Figura 22).

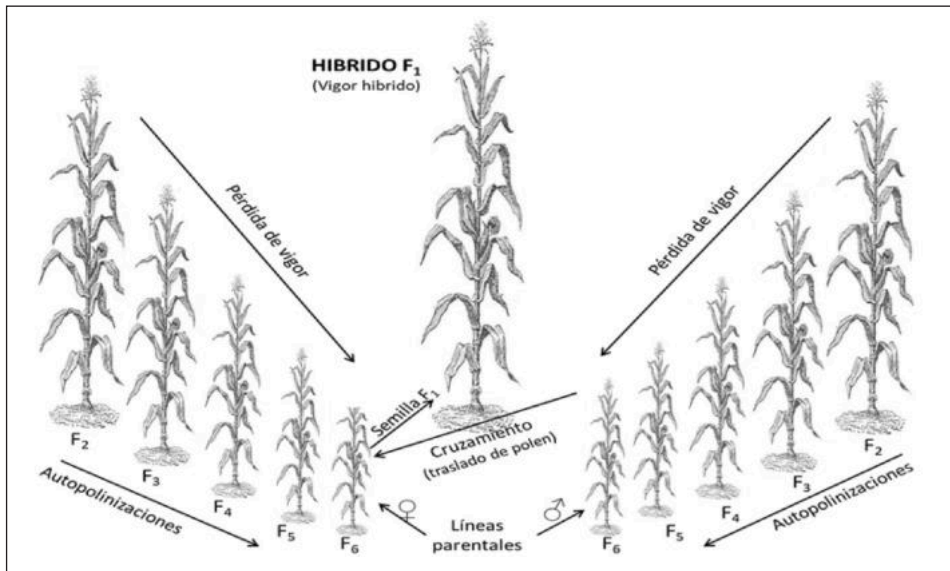


Figura 21. Representación esquemática para la formación de un híbrido simple de maíz.

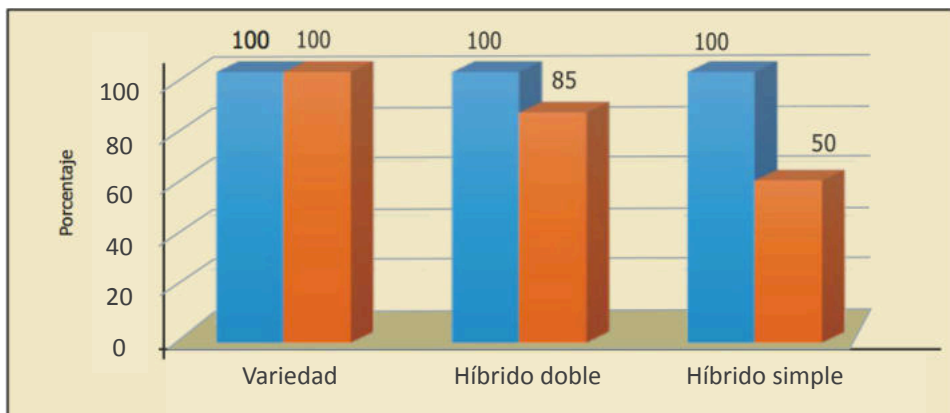


Figura 22. Reducción (%) del rendimiento de maíz grano usando semilla “de segunda”.

5.2.1 Clases de híbridos

Los híbridos se pueden clasificar en dos grandes grupos: los híbridos no convencionales y los híbridos convencionales. En los primeros, al menos uno de los dos padres no es una línea de alta endogamia, pudiendo ambos padres no ser líneas endogámicas. Los tipos de híbridos no convencionales más comunes son los híbridos intervarietales y los híbridos interfamiliares, que se forman al

cruzar dos variedades, o dos familias genéticas (hermanos completos, medios hermanos o familias S1). Los híbridos convencionales son producto de la cruce de líneas endogámicas, y los más comunes se clasifican en híbridos simples, híbridos triples e híbridos dobles, según el número de padres que los forman. A menor número de padres, mayor es la heterosis que se produce entre ellos. Por ello, el rendimiento de grano por hectárea decrece a medida que aumenta el número de padres, de manera que los híbridos simples, en promedio, son más rendidores que los híbridos triples, y estos rinden más que los híbridos dobles. Estos últimos son más rendidores que las variedades de polinización libre (Figura 23).

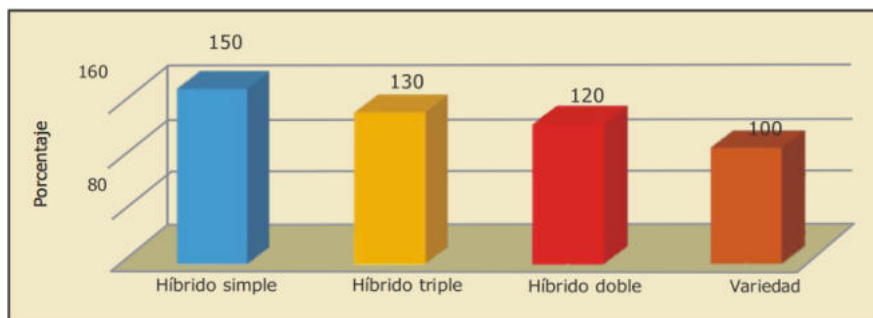


Figura 23. Superioridad, promedio (%) de rendimiento de híbridos sobre variedades.

En la Tabla 6, se describen las características de dos híbridos simples y una variedad forrajera desarrollados para la costa entre 2004 y 2012, cuyo comportamiento es superior, por ejemplo, frente a la variedad de polinización libre Marginal 28 Tropical lanzada también por el INIA para condiciones de selva baja en 1984. Mientras los híbridos simples alcanzan fácilmente 14 t/ha, la variedad solo puede llegar a 8 t/ha en el mejor de los casos. Estos datos corroboran las ventajas que tienen los híbridos sobre las variedades, expresadas en la Figura 23.



Tabla 6

Descripción de las variedades e híbridos desarrollados por INIA para la costa

Características	INIA 605 - Perú	INIA 619 - Megahíbrido	INIA 617 - Chuska
Tipo de material	Híbrido simple	Híbrido simple	Variedad forrajera
Rendimiento máximo (t/ha)	14.3	14.0	9.0
Rendimiento promedio (t/ha)	9.07 (verano) a 9.49 (invierno), en 17 loc.	5.0 (verano) a 10.6 (invierno)	95 t/ha forraje verde
Prolificidad (n° maz/planta)	0.96	1.2	1.3
Periodo vegetativo verano (días)	120 a 135	140 a 150	93 (R3) forraje
Periodo vegetativo invierno (días)	135 a 160	160 a 170	110 (R3) forraje
Época de siembra	Todo el año	Todo el año	Todo el año
Densidad (plantas/ha)	66 500 a 83 250	71 428 a 88 888	90 000
Cantidad de semillas (kg/ha)	22 a 25	22 a 25	35
Distancia entre surcos (cm)	75 a 80	75 a 80	60
Distancia entre golpes (cm)	15 a 20	30 a 35 (2 semillas/golpe)	26 (2 semillas/golpe)
Altura de planta (cm)	230 ± 15	230 ± 10	280
Altura de mazorca (cm)	123.5 ± 14	102 ± 5	120
Días a floración verano	60 a 70	60 a 70	n/d
Días a floración invierno	75 a 90	75 a 90	n/d
Forma de mazorca	Cilindro cónica	Cilindro cónica	n/d
Longitud de mazorca (cm)	17.4	22 ± 2	n/d
Diámetro de mazorca (cm)	4.8	7	n/d
Número de hileras	14	16	n/d
Número de granos por hilera	42	40	n/d
Peso de mazorca (g)	219.87	310 ± 2	n/d
Peso de grano/mazorca (g)	186.71	230	n/d
Porcentaje de desgrane	84.9	74.2	83
Color de tuza	Blanco	Blanco	n/d
Peso de 1000 granos (g)	326	404	n/d
Tipo de grano	Dentado	Cristalino	Semi dentado
Color de grano	Amarillo naranja	Amarillo oscuro	Amarillo naranja

5.2.2 Producción de semilla de híbridos

La producción de semilla híbrida de maíz, considerado un proceso relativamente sencillo, tiene que ser muy bien planificada para evitar errores en la siembra y obtener la mayor cantidad de semilla híbrida por hectárea, además de tenerla disponible oportunamente en el mercado de semillas. En términos prácticos hay tres momentos críticos en los cuales hay que poner el mayor cuidado:

El primero es la siembra, se debe evitar cometer errores, lo que implica evitar sembrar la línea hembra en los surcos destinados para recibir a los surcos machos o, al contrario. Para esto, existen diversas estrategias tales como señalar con estacas o banderines los surcos macho, teñir la semilla del macho de un color y la semilla de la hembra de otro color diferente; marcar las bolsas de la semilla macho con un color, y las bolsas de la semilla de la línea hembra de otro color. En siembras manuales los sembradores de los surcos macho deben ser siempre los mismos, al igual que aquellos que sembrarán los surcos hembra.

El segundo, es decidir la proporción de surcos “hembra” y surcos “macho”, es decir la cantidad de los surcos que producirán la semilla F1 y los surcos que serán la fuente de polen, respectivamente. Esta es la decisión más importante, ya que mientras mayor sea el número de surcos hembra, más semilla híbrida se obtendrá por hectárea (Tabla 7). Las proporciones más usuales son 3:1 y 4:1 para la producción de híbridos simples, pudiendo llegar hasta 8:1 en caso de los híbridos dobles. Estas proporciones dependen principalmente de la altura de la planta hembra con respecto al progenitor macho: mientras más altos, habrá mayor dispersión del polen que podría cubrir un mayor número de surcos hembra, y también de la cantidad de polen que produce el macho. Por eso, es fundamental que los obtentores del híbrido, establezcan recomendaciones muy precisas al respecto, que deben ser tomadas en cuenta por los productores de la semilla híbrida.

Tabla 7

Superficie cosechada según la proporción de surcos hembra (♀) y macho (♂) para la producción de semilla híbrida

Proporción ♀ : ♂	Superficie de cosecha en una hectárea (m ²)	
	Hembra	Macho
2:1	6 667	3 333
3:1	7 500	2 500
4:1	8 000	2 000
4:2	6 667	3 333
5:1	8 334	1 666
6:1	8 572	1 428
6:2	7 500	2 500

El tercer momento crítico, y más delicado, es el despanojado, o sea, la eliminación de la panoja de las plantas de la línea hembra para evitar que emitan polen. Si esta operación se hace de manera incorrecta, el polen que liberan las plantas hembra mal despanojadas, autofecundan a las mismas plantas hembra que lo reciban, por lo que la semilla que eventualmente se coseche no será híbrida. Los entes certificadores de la producción de semilla híbrida, son particularmente cuidadosos en observar fallas en el despanojado, que podrían descalificar a un semillero.



60



Agroecología del cultivo





6. Agroecología del cultivo

6.1 Factores agroclimáticos

6.1.1 Temperatura

La temperatura, es el factor agroclimático más importante en el desarrollo del ciclo de vida de la planta, ya que puede acelerar o retardar los procesos metabólicos, haciendo que la planta alargue o acorte su periodo vegetativo. Debido a esto, se ha establecido una estrecha relación entre los estados fenológicos de la planta y la acumulación de temperatura diaria durante los días de crecimiento del cultivo, lo que derivó en el cálculo de los “Grados de Crecimiento Diario” (GCD). Los GCD, se calculan como el promedio de la temperatura diaria menos una temperatura base, que corresponde al umbral debajo del cual no hay crecimiento celular. Esta temperatura base varía según la especie, en maíz es de 10 °C. 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. En la costa de nuestro país, el rango de temperatura oscila entre 10 - 30 °C, que es el rango en que ocurre el crecimiento de maíz en tierras bajas; temperaturas fuera de este rango reducen o detienen el crecimiento celular.

En la fase reproductiva del cultivo, las altas temperaturas afectan la viabilidad del polen; cuando la temperatura supera los 35 °C, se reduce significativamente el rendimiento. Las altas temperaturas durante la formación del endospermo, afectan la acumulación de materia seca en el grano, reduciendo su tamaño.

6.1.2 Agua

El agua, forma parte fundamental en la estructura celular, conformando al menos el 85 % de los organismos vegetales. El agua, es el vehículo, dentro de la planta, de transporte de los elementos nutritivos, absorbidos por el suelo a través de las raíces, y de los fotosintatos. Las células desarrollan sus roles correspondientes en medios de alta humedad.

Cabe agregar, que el agua interviene directamente en la reacción fotosintética; por lo que no es de extrañar que la falta de agua, en cantidad y manera oportuna, constituya el factor más limitante en el rendimiento de la planta.

La falta de agua en las primeras etapas del cultivo, puede resultar en la reducción del número de plantas por hectárea. El momento crítico del cultivo, que demanda suficiente disponibilidad de agua, es dos semanas antes de la floración, antes que la panoja comience a liberar polen, y la mazorca emita los primeros estigmas;

hasta dos semanas después de la floración. La falta de agua en este periodo, puede reducir drásticamente la producción de grano por unidad de superficie.

Por otro lado, el maíz es muy sensible al exceso de agua, especialmente en sus primeros estadios de crecimiento, cuando el punto de crecimiento aún está por debajo de la superficie del suelo, ya que las plántulas se pueden ahogar por falta de oxígeno, peligro que se acentúa en zonas de altas temperaturas.

6.1.3 Radiación solar

Las plantas, son organismos vivos capaces de producir sus propios alimentos a través de la fotosíntesis. En este proceso, la clorofila capta la luz solar y la usa como energía para convertir, en presencia de agua, el dióxido de carbono de la atmósfera en glucosa y oxígeno. Este compuesto orgánico es utilizado por la planta como fuente energética para otros procesos fisiológicos que resultan en el desarrollo y crecimiento de los distintos órganos que la conforman, incluyendo el grano.

La planta de maíz tiene un metabolismo C-4, caracterizado por tener una menor respiración en presencia de luz, por lo que aprovecha mejor el proceso fotosintético. Por otro lado, las plantas de metabolismo C-3, como el arroz, cebada, trigo, etc., tienen una mayor respiración en presencia de luz, lo que hace que la fotosíntesis sea menor. Como consecuencia, el maíz es más eficiente en la producción de materia seca, lo que se traduce en un mayor potencial productivo.



Figura 24. Diferentes porcentajes de intercepción de la luz solar.

Autor: Rene Lafitte, 2001.

La relación entre la radiación solar y el rendimiento del cultivo es directa, es decir, a mayor radiación solar, mayor rendimiento y viceversa. Por esa razón, resulta imprescindible lograr que la población de plantas en un campo de maíz, una vez que alcancen su máximo tamaño, capture casi totalmente la luz solar. Para ello, se debe verificar que al mediodía, cuando los rayos de sol se proyectan casi verticalmente sobre la tierra y no se vea que caen en la superficie del terreno. Como se observa en la Figura 24, la foto de la izquierda muestra un cultivar bajo, de madurez temprana, interceptando menos del 45 % de radiación solar; a la derecha se observa un cultivar cuya floración captura más del 85 % de radiación solar.

6.1.4 Fotoperíodo

El fotoperíodo, se define como la respuesta de la planta a las variaciones en la duración del día, y referidas a las horas de luz solar. Según su fotoperíodo, las plantas pueden clasificarse como plantas de días cortos, días largos y neutrales, según sea el número de horas de luz en el ambiente en que crecen. Las primeras requieren de un periodo de mayor oscuridad antes de iniciar la floración, mientras que las segundas necesitan un menor número de horas de oscuridad como estímulo para iniciar la floración. Las plantas de días neutros, florecen indistintamente al número de horas de luz. Sin embargo, experimentos demostraron que, al interrumpirse la oscuridad con solo un minuto de luz, la floración no se producía, mientras que la interrupción de la luminosidad por periodos cortos de oscuridad, no interrumpía la floración.

El maíz sembrado en las regiones tropicales, puede tolerar como máximo un periodo de 14 horas de luz. El inicio de floración, se retarda cuando las horas de luz superan dicho umbral. Variedades tropicales sembradas en zonas templadas, fuera de la región tropical, prolongan indefinidamente la floración femenina, lo que no ocurre con la producción de polen.

6.2 Suelos

6.2.1 Características físicas

El suelo, debe ser considerado como un sistema vivo formado por las tres fases (sólida, líquida y gaseosa), que se arreglan de manera diferente, según el tipo de suelo y el sistema de labranza. De manera general, los suelos agrícolas están compuestos de materia orgánica (5 %), agua (25 %), aire (25 %), y por una mezcla (45 %) de arena, limo y arcilla, que son las partículas de suelo de origen mineral. La proporción de estos componentes puede variar.

Las partículas de suelo son de tres tipos: arena que son las partículas grandes, pero que no tienen capacidad de retener nutrientes; su tamaño está entre 0.05 - 2 mm, son visibles a simple vista; el limo con partículas más pequeñas, entre 0.002 - 0.05 mm; y las arcillas, que son partículas muy finas con mayor capacidad de retener químicamente a los nutrientes que requiere la planta para su crecimiento y desarrollo; su tamaño es menor a 0.002 mm. Las partículas de arena, limo y arcilla se encuentran en unidades de tamaño diferente llamados agregados; en conjunto, la proporción en que se encuentran estos tres tipos de partículas le dan al suelo una estructura determinada. La presencia de la materia orgánica, es determinante en una mejor estructura del suelo, ya que interviene como conglomerante y estabilizadora de los agregados del suelo, además mejora la capacidad de retención de agua.

El maíz, es un cultivo con muy buenos rendimientos en suelos bien drenados, y con buena materia orgánica. Suelos profundos y de buena estructura, favorecen el desarrollo de un sistema radicular apropiado que permite un anclaje adecuado a la planta, y facilita la toma de nutrientes y de humedad. El agricultor debe estar consciente que los terrenos de cultivo tienen que ser conservados apropiadamente, pues son su mejor seguro para aspirar tener siempre buenas cosechas. Se debe asegurar que no solamente los suelos contengan las cantidades adecuadas de elementos nutritivos, sino que posea buenas características físicas y biológicas.

El maíz requiere de suelos de textura franco-arcillosa o suelos francos. Suelos arcillosos, retienen mucha humedad lo cual es malo para la planta de maíz. Los suelos de textura areno-arcillosa, producen costras duras en la superficie del suelo que impiden la emergencia de las plántulas luego de la siembra.

Es recomendable que los agricultores hagan análisis de sus suelos, por lo menos una vez cada tres o cuatro años, para hacer las correcciones que sean necesarias, incluyendo la incorporación adecuada de macro y microelementos nutritivos. Entre los primeros están el nitrógeno, el fósforo y el potasio, llamados también elementos nutritivos mayores, utilizados en cantidades muy grandes por el cultivo. Los elementos nutritivos menores o microelementos son requeridos por la planta en cantidades pequeñas, pero no por ello son menos importantes; por el contrario, su rol es esencial no solamente porque son componentes de la estructura molecular de las células, sino que también condicionan la disponibilidad y toma de otros elementos.

6.2.2 pH

El pH es una medida del grado de acidez o alcalinidad del suelo, según la concentración de iones hidrógeno (H^+) tanto en la solución del suelo como el H^+ fijado. Se mide en una escala de 0 - 14, clasificando a los suelos como suelos



ácidos ($\text{pH} < 6.5$), suelos neutros (pH entre 6.5 - 7.5), y suelos alcalinos ($\text{pH} > 7.5$). Sin embargo, el rango de los suelos agrícolas se ubica generalmente en valores de pH entre 4 - 10. El rango más apropiado para el cultivo del maíz está entre 5.5 - 6.5. Fuera de este rango, la disponibilidad de la mayoría de los elementos químicos disminuye o también pueden estar en cantidades excesivas produciendo toxicidad y reduciendo en ambos casos la fertilidad del suelo.

En suelos ácidos, la actividad de los microorganismos se reduce, son pobres en calcio, magnesio y potasio. A pesar de ello, no reducen la disponibilidad de aluminio, hierro y manganeso; en general, los micronutrientes, excepto el molibdeno, se absorben mejor en este tipo de suelos. Suelos ácidos con alta saturación de aluminio ($> 30\%$), bloquean la disponibilidad del fósforo afectando significativamente el rendimiento de grano del cultivo.

A diferencia de los suelos de importantes zonas maiceras de la selva de nuestro país, los suelos en la costa no presentan problemas de acidez. Sin embargo, se han desarrollado variedades de maíz que responden muy bien en suelos con hasta 60 % de saturación de aluminio. En suelos alcalinos, se presentan deficiencias de hierro, manganeso y zinc, asimismo el elevado contenido de carbonato de calcio de este tipo de suelos precipita el fósforo, reduciendo su disponibilidad. Los suelos alcalinos bloquean la mayor parte de los micronutrientes, de manera que síntomas de deficiencia de estos microelementos en la planta no necesariamente significa que sean deficientes en el suelo.

6.2.3 Salinidad

La salinidad del suelo, se refiere a la concentración de sales solubles en la solución del suelo. Se mide en deciSiemens por metro (dS/m), y también en milimhos por centímetro (mmhos/cm). La presencia de sales a niveles no perjudiciales es normal y beneficioso para el cultivo; sin embargo, valores superiores a 4 mmhos/cm se considera perjudicial para el maíz. Concentraciones mayores en la solución del suelo, disminuyen la capacidad de la planta para tomar el agua necesaria para su desarrollo y limita el desarrollo del sistema radicular; del mismo modo, el exceso de sales en la planta tiene efectos tóxicos. En suelos con buena humedad, la planta puede presentar síntomas de deficiencia de agua, debido a una alta concentración de sales, lo que se conoce como sequía fisiológica, que impide el pase del agua del suelo a las raíces. Las sales tienden a concentrarse en las capas superficiales del suelo, por lo que su exceso es crítico al momento de la emergencia de la plántula.







Preparación del suelo





7. Preparación del suelo

Una buena preparación del suelo, es fundamental para lograr un establecimiento uniforme de las plántulas, lograr un buen desarrollo radicular y mantener la densidad adecuada de plantas. Terrenos mal preparados, con terrones grandes y desnivelados causan una germinación desigual y la acumulación del agua de riego en las partes bajas, que pueden ahogar a las plántulas.

Existen dos sistemas para la preparación del terreno: la preparación tradicional o labranza convencional; y la preparación no convencional, llamada también labranza cero o labranza de conservación. No obstante, los métodos de labranza varían según las condiciones y el tipo de suelo, el clima, los recursos propios de la zona y del agricultor, así como el conocimiento y habilidad del mismo agricultor, por lo que no es posible definir métodos estándares de labranza que se acomoden a las necesidades de lograr una buena siembra.

7.1 Labranza convencional

Este es el tipo de labranza que predomina en la costa peruana. Consiste en el movimiento de tierras con el uso de implementos, ya sea de tracción animal o de tracción mecánica. El objetivo es preparar la capa arable del suelo, de 25 - 30 cm de profundidad, de manera que favorezca una buena germinación y una población uniforme de plantas, que garanticen una óptima producción.

La eficiencia de este tipo de labranza depende del tipo y textura de suelo, y el contenido de humedad. Los suelos en los que hay que tener mayor cuidado en su preparación son los de textura pesada, como son los suelos franco-arcilloso y los arcillosos, los cuales deben quedar muy bien mullidos, con buen drenaje y adecuada aireación. En este tipo de suelos, la preparación del terreno se recomienda hacerla en húmedo, con terreno a punto, a menor humedad, mayor difícil para granular adecuadamente el suelo. Se dice que el terreno está "a punto" cuando este deja de ser barro, es decir, al tomar un terrón de suelo se desmorona con facilidad sin que la mano quede mojada; técnicamente se dice que el suelo está en "capacidad de campo". También, se debe asegurar una buena nivelación del terreno, para ello se puede utilizar una rufa agrícola, e incluso tablones.

Un terreno bien nivelado facilita la siembra mecanizada, previene los encharcamientos y hace más eficiente el riego. Los campos deben tener pendientes entre 1.5 - 2 %, con el fin de que el agua discurra con mayor comodidad y eficiencia.

NOTA: Es muy importante tener en cuenta estas recomendaciones, a fin de tener una buena y óptima preparación del suelo.

Se debe tener en consideración, que el movimiento mecánico del suelo modifica su estructura, reduciendo su densidad aparente 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, pues destruyen 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 3 - 4 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 parte del rastrojo de la cosecha anterior como parte de la preparación del terreno. En suelos con contenidos bajos de materia orgánica (<2 %) y pobre estructura, mejora la capacidad de retención de agua, y rompe ciclos biológicos de plagas y enfermedades. Es importante enfatizar no emplear la mala práctica de quemar rastrojos, ya que afecta los microorganismos del suelo, reduce su capacidad productiva y contamina el ambiente. Otra alternativa para la incorporación de materia orgánica al suelo es sembrar leguminosas en rotación con el maíz, principalmente aquellas que se venden en verde, de manera que, una vez cosechado el producto, el rastrojo pueda ser incorporado. 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. Sin embargo, los terrenos de la costa peruana son relativamente pobres en materia orgánica por lo que la incorporación sistemática de rastrojo o de abono verde se considera como una necesidad para lograr mayor rendimiento.

En la costa norte, se suele iniciar la preparación del terreno en seco, cruzándolo con arado si es un terreno pesado o con una rastra, si la textura es más suelta; luego se acondicionan los canales de riegos (acequias). Después, se da el primer riego o riego de “machaco”, y cuando el terreno esté a punto, se procede al pase de una rastra ligera para eliminar terrones grandes. Seguidamente, si es necesario se nivela el suelo, para después surcar, y proceder de inmediato a la siembra. Una buena siembra en húmedo, dará oportunidad al cultivo de crecer en sus primeros estadios libre de malezas, o con el mínimo de ellas; el primer riego se puede dar hasta 30 - 35 días después de la siembra, cuando las plántulas estén iniciando su estado de crecimiento vegetativo rápido y escapen a la invasión de malezas.

Los agricultores que utilizan agua de pozo, realizan por lo general toda su preparación de terreno en seco, incluyendo la siembra. En estos casos, es importante regar con cuidado para evitar que el agua arrastre la semilla; también se pueden emplear herbicidas pre-emergentes para controlar las malezas que eventualmente puedan crecer junto al cultivo, aunque tal control se podría hacer manualmente.

Muchos agricultores utilizan aún elementos de tracción animal, para la preparación de sus campos, surcada y otras labores del cultivo. Otros combinan las opciones de tracción



animal y tracción mecánica. La buena preparación de un terreno, no es precisamente una receta de cocina. Todo terreno es de alguna manera diferente. Hay que considerar factores y circunstancias que muchas veces significan una mayor o menor inversión; lo importante es que se le brinde a la semilla la condición para germinar normalmente, manejar adecuadamente los riegos y asegurar una población suficiente de plantas que crezcan en las mejores condiciones.

7.2 Labranza no convencional

La labranza no convencional, minimiza o elimina el movimiento del suelo para su preparación antes de la siembra. Este tipo de labranza evita la erosión o pérdida de suelo por el viento o por el agua de riego, y la compactación que se produce con el paso continuo de maquinaria. En la actualidad, existe maquinaria capaz de sembrar y abonar al mismo tiempo causando una mínima perturbación del suelo; además se vienen desarrollando herbicidas más eficaces para el control de malezas, así como insecticidas y fungicidas.

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), ha desarrollado una tecnología de labranza mínima en maíz que consiste en utilizar un subsolador en la dirección de los surcos de la siembra anterior, recomendándose que su distanciamiento sea de 70 - 80 cm. También, se recomienda rellenar las zanjas que quedan luego del subsolado, con compost o con humus de lombriz. Los resultados de esta técnica arrojan incrementos en el rendimiento del maíz en 40 % en siembras de verano.





00



Riegos



8. Riegos

El objetivo del riego, en los cultivos es poner a disposición de las plantas, en el momento oportuno, la cantidad de agua necesaria para satisfacer sus necesidades. En la costa peruana el agua es muy escasa, y su disponibilidad está sujeta a las lluvias que se producen en verano en la sierra, cuyo mayor volumen se pierde en el mar. En la costa norte, sin embargo, existen las mayores irrigaciones de nuestro país que permiten almacenar agua para ser usada en los meses de estiaje. Esta situación obliga a ser muy eficiente en el uso correcto del agua, aplicando los volúmenes necesarios, para evitar al máximo su pérdida.

En el uso del agua de riego, se debe cuidar la uniformidad de las aplicaciones; de manera que el agua quede bien distribuida en el campo, asegurando que todas las plantas reciban la cantidad adecuada y se produzca un desarrollo homogéneo del cultivo. Otro concepto importante es la eficiencia de aplicación, que se refiere al volumen de agua utilizado con relación al volumen total que se destinó para el riego. Son diversas las causas de pérdida de agua y ocurren en momentos diferentes.

Existen pérdidas en el transporte, desde la toma de agua hasta el campo de cultivo, que incluye la evaporación. También existe pérdida en la aplicación, que puede ser causada por terrenos desnivelados o acequias mal construidas, que ocasionan acumulación excesiva del agua en partes del terreno. Por último, una vez en el suelo, las pérdidas de agua se dan por infiltración y escurrimiento al interior del suelo fuera del área útil del sistema radicular.



Figura 25. Principales tipos de riego: riego por gravedad (A), riego por goteo (B) y riego por aspersión (C).

En general existen tres sistemas de riego:

Riego por gravedad: cuando el agua se mueve en dirección a la menor pendiente. Para el manejo del agua en este sistema, se trazan una serie de canales y acequias que facilitan su distribución (Figura 25 A).

Riego por aspersión: cuando el agua es distribuida a través de aspersores, que reciben el agua a presión por medio de tubos o cañerías, aplicándola uniformemente al terreno en forma de lluvia (Figura 25 B).

Riego localizado: cuando el agua es puesta al pie de la planta o a lo largo de la línea de plantas. Este último es el más eficiente debido a que minimiza, y hasta elimina, la pérdida de agua. Las variantes más comunes del riego localizado es la microaspersión, el riego subterráneo, las cintas de exudación y el riego por goteo, que es el más conocido. El agua en el riego por goteo es distribuida a través de cintas o tuberías de polietileno a baja presión, poseen perforaciones o emisores a ciertos intervalos, que son llamados goteros, por donde el agua literalmente es aplicada gota a gota a las plantas (Figura 25 C).

El maíz es un cultivo considerado de medio a alto requerimiento de agua, estimándose entre 7 000 m³ y 8 000 m³, la cantidad de agua necesaria para sacar una buena cosecha. Sin embargo, como en la mayoría de los cultivos, existen momentos críticos en los cuales la falta de agua puede reducir significativamente los rendimientos. Para el maíz, se considera como periodo crítico, el comprendido alrededor de una semana antes de la emisión de polen hasta el estado de grano lechoso. La falta de agua en esta etapa, ocasiona reducción de hasta el 50 % en la producción potencial de grano.

La siembra en surcos del maíz, hace que el riego por gravedad sea el más común en áreas irrigadas, característica de la costa peruana. El primer riego de “machaco”, debe darse con anticipación a la siembra, de esta manera se prepara el terreno con humedad a capacidad de campo y se siembra lo más pronto posible. El primer riego (de “enseño”) debe darse lo más tarde posible, hasta 30 - 35 días después de la siembra, de manera que estimule la formación de un sistema radicular profundo y bien desarrollado.

Además, las semillas de malezas que llegan en el agua de riego ya no representarán un peligro de competencia para el cultivo. Algunas veces, cuando se da el ataque de gusanos de tierra, se puede dar un riego ligero; sin embargo, hay que evaluar seriamente esta opción. Este primer riego coincide con la segunda aplicación del fertilizante nitrogenado, a partir de esta acción se inicia la fase de crecimiento rápido de la planta. Un segundo riego, se recomienda a la aparición de la hoja bandera (última hoja de la planta, antes de la aparición de la panoja), cuando faltan alrededor de dos semanas para la floración; de esta manera se facilita la formación del polen, la polinización y la fecundación, logrando la máxima eficiencia de tales procesos.



El tercer riego se puede hacer a los 30 - 35 días después de la floración; este riego asegura el agua necesaria para el movimiento de la materia seca que es trasladada hacia el grano desde las hojas superiores y otros órganos de almacenamiento de la planta. La longitud de los surcos es variable, y depende de la forma y largo del terreno. En suelos de textura arenosa los surcos pueden tener hasta 70 m de largo; en suelos francos podrían llegar hasta 100 m; y en suelos arcillosos, más pesados, hasta 150 m de largo.

Estimaciones sobre los volúmenes de agua, indican que el riego de “machaco” es de 1 500 m³, el primer riego de 1 750 m³, el segundo riego de 1 750 a 2 500 m³, y el tercer riego entre 1 500 y 1 750 m³. Es preferible regar por las tardes y en la noche, no se recomienda regar en las mañanas, ya que el calor excesivo, puede provocar cambios bruscos de temperatura en las plantas, que podría afectarlas seriamente.

Tecnologías de riego por goteo desarrolladas por la Estación Experimental Agraria Vista Florida del INIA, han reducido el consumo de agua a un promedio de 3 500 - 4 000 m³ por campaña agrícola, logrando incrementos en el rendimiento de grano de hasta 30 %, dentro de un sistema de labranza mínima del cultivo y riego por goteo.







Siembra





9. Siembra

9.1 Época de siembra

La época de siembra del maíz amarillo duro, depende de dos factores principales: la temperatura y la disponibilidad de agua. En la costa peruana, la principal limitante es el agua, mientras que la temperatura permite sembrar maíz en cualquier época del año, principalmente en la costa norte. Sin embargo, en esta región pueden distinguirse claramente dos épocas de siembra: las siembras de verano, que ocurre principalmente entre los meses de noviembre - diciembre; y las siembras de otoño - invierno desde el mes de marzo hasta junio. Otra consideración a tener en cuenta, y que contribuye a decidir la época de siembra, es el híbrido que se va a sembrar. Existen híbridos en el mercado que responden mejor a siembras de invierno, principalmente los híbridos importados que se encuentran actualmente en el mercado. Hay varias razones que explican esta respuesta. Una de ellas es el alargamiento del periodo vegetativo a consecuencia de la menor temperatura, que permite al cultivo mayor tiempo para lograr una mayor producción y acumulación de materia seca que luego es trasladada al grano, lo que eventualmente resulta en un mayor rendimiento. Sin embargo, otros híbridos de origen netamente tropical, tal como los desarrollados por el INIA, se adaptan mejor a siembras de verano, pudiendo alcanzar muy buenos rendimientos también en la campaña otoño - invierno.

9.1.1 Elección de la variedad o híbrido

La elección del material que se va a sembrar, es quizá una de las decisiones más importantes que el agricultor deba tomar. Se ha señalado que las variedades de polinización libre (VPL) tienen una constitución genética diferente a los híbridos, que ocasionan que la población de plantas de las primeras, se vea menos uniforme comparada con la de los híbridos. Asimismo, en promedio, las VPL son menos rendidoras que los híbridos; los híbridos simples rinden más que los híbridos triples, y estos a su vez, más que los híbridos dobles. Por otro lado, las VPL, al tener un potencial productivo menor, requieren de menos insumos, lo que resulta en menores costos de producción que los híbridos, ya que no son tan exigentes, principalmente en elementos nutritivos. Si el campo posee buenas condiciones, es decir, suelo de buena calidad, sin problemas de sales, disponibilidad oportuna de agua, y buen sol todo el año; si el agricultor dispone de los recursos financieros suficientes y oportunos, entonces debe considerar seriamente sembrar un híbrido en vez de una VPL.

Otro aspecto fundamental a tener en cuenta es que no todos los híbridos son buenos para una zona en particular. Hay híbridos que se adaptan mejor a ciertas zonas maiceras y otros no. Por eso, para escoger una variedad o un híbrido hay que tener evidencia que hayan sido probados en la zona, y con buenos resultados.

Una alternativa a considerar por parte de los agricultores, y sus organizaciones, es probar regularmente, mediante experimentos comparativos, el comportamiento de los híbridos que se comercializan en su región, y en otras regiones, estableciendo una lista de híbridos y/o variedades recomendadas para la zona. Los protocolos para la instalación, conducción, análisis y difusión de los resultados de tales experimentos no deben ser complicados, y se puede solicitar apoyo técnico a las Agencias Agrarias, Estaciones Experimentales Agrarias, Universidades, Empresas Privadas, etc. Existen antecedentes de este tipo de ensayos en el Perú, y sigue siendo una práctica común en muchos cultivos alrededor del mundo.

La principal ventaja de las listas recomendadas es que los productores tendrán un mejor criterio para decidir y adquirir semilla de los híbridos que mejor se adaptan a su zona; y por otro lado, las empresas dedicadas a la importación y comercialización de híbridos sientan un mayor compromiso en traer al Perú germoplasma más productivo, para seguir teniendo presencia importante en el mercado nacional de semillas de maíz híbrido. Otro aspecto importante a tener en cuenta es el costo de la semilla, pues gracias a su mayor complejidad y cuidado en producirla, la semilla de los híbridos suele ser más cara que la de las VPL, llegando a tener un costo en mercado hasta casi 10 veces mayor.

El Programa Nacional de Maíz del INIA, ha desarrollado diversos tipos de germoplasma adaptados a las tres regiones naturales del Perú. En la actualidad, para la costa, se tiene aún en el mercado al INIA 605 - Perú, que fue el primer híbrido simple comercial producido en nuestro país y que marcó un hito en el uso de híbridos modernos de alta productividad, alcanzando un rendimiento máximo de 14.3 t/ha en parcelas demostrativas comerciales. Años después, se puso a disposición de los productores maiceros el INIA 619 - Magahíbrido, otro híbrido simple con un rendimiento potencial de 14 t/ha. Por otro lado, y atendiendo a la demanda de germoplasma forrajero, se formó la variedad Chuska capaz de alcanzar hasta 95 t/ha de forraje verde, (Tabla 6).

9.2 Densidad y profundidad de siembra

La densidad de siembra, se refiere al número de semillas sembradas que determinará el número de plantas que tendrá una hectárea de terreno. La densidad de plantas ha venido aumentando en los últimos 30 años, debido a los cambios en la morfología de la planta. Las variedades e híbridos antiguos, generalmente híbridos dobles, se caracterizaban por ser plantas muy altas, con más de 3.5 m de altura, de gran follaje y con hojas laxas, por lo que el área de terreno que ocupaba una planta era considerablemente mayor a la que hoy ocupan las plantas de los híbridos modernos, que tienen menor altura y hojas semi erectas o erectas. De esta manera, la cantidad de plantas por hectárea se ha incrementado desde 40 000 hasta más de 85 000 plantas. También, en los híbridos antiguos la altura de



inserción de la mazorca se situaba más arriba del punto medio del tallo lo que favorecía que las plantas se “acamen” o tumben; y tenían un índice de cosecha (relación del peso del grano con respecto al peso seco del resto de la planta) muy alto, es decir que la mayor parte de la materia seca que la planta producía no se iba al grano sino al follaje, lo que no sucede con los híbridos modernos.

La densidad de plantas, está relacionada con su distribución espacial en el terreno, la cual depende de la distancia entre surcos, la distancia entre golpes dentro de los surcos, y el número de plantas en cada golpe. Por ejemplo, una densidad de 62 500 plantas/ha se logra con surcos a 80 cm y una planta por golpe cada 20 cm. Esa misma densidad, se alcanza manteniendo la distancia entre surcos, pero sembrando dos plantas por golpe cada 40 cm. Si se reduce la distancia entre surcos a 75 cm, la densidad aumenta hasta 66 666 plantas/ha, con una planta por golpe cada 20 cm. La misma densidad también se logra surcando a 60 cm y una planta cada 25 cm, tal como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8

Número de plantas por hectárea según la distancia entre surcos, distancia entre golpes y número de plantas por golpe

NÚMERO DE PLANTAS POR HECTAREA			DISTANCIA ENTRE SURCOS (m)				
			0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
Distancia entre golpes (cm)	N° de plantas por golpe	N° de golpes en 100 m	Número de surcos en 100 metros				
			125	133	143	154	167
15	1	667	83 333	88 889	95 238	102 564	111 111
20	1	500	62 500	66 667	71 429	76 923	83 333
25	1	400	50 000	53 333	57 143	61 538	66 667
	2		100 000	106 667	114 286	123 077	133 333
30	1	333	41 667	44 444	47 619	51 282	55 556
	2		83 333	88 889	95 238	102 564	111 111
35	1	286	35 714	38 095	40 816	43 956	47 619
	2		71 429	76 190	81 633	87 912	95 238
40	2	250	62 500	66 667	71 429	76 923	83 333
	3		93 750	100 000	107 143	115 385	125 000

La mayor o menor distancia entre surcos y entre golpes, depende del tamaño de la planta, y del área de terreno que ocupa, pero fundamentalmente depende de la eficiencia competitiva de los híbridos. Hay híbridos que son más eficientes que otros, en el uso de los recursos ambientales en que crecen, y por los cuales compiten, de tal forma que aprovechan mejor la luz solar, el agua, los elementos nutritivos, etc., lo que se traduce en una mayor producción (Figura 26 A). Esta mayor eficiencia puede tener como ventaja adicional, la reducción de la demanda de agua y fertilizantes (aún en investigación). Otra de las características relacionada a una buena densidad, es la cobertura del suelo que hace el follaje, que permite al cultivo captar la máxima radiación solar. Para tal, la sombra que proyecta el follaje al mediodía, que debe cubrir al menos el 85 % del suelo. Valores menores indican que se debe considerar reducir la distancia entre surcos.

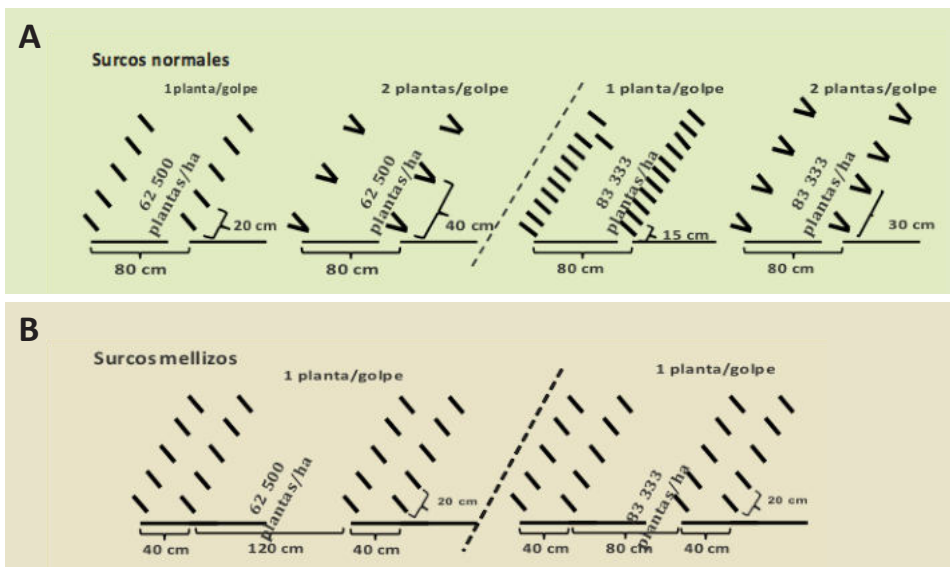


Figura 26. Diferentes arreglos espaciales con una misma densidad de plantas/ha. Surcos normales (A) y surcos mellizos (B).

El uso de surcos mellizos, es otra alternativa para la siembra de maíz (Figura 26 B). En este tipo de arreglo espacial la distancia entre pares de surcos mellizos disminuye, mientras que entre cada par de surcos mellizos aumenta. Aún no se han determinado distanciamientos adecuados para este tipo de arreglos en nuestro país, ya que no existen experiencias concluyentes al respecto. Sin embargo, trabajos conducidos en los Estados Unidos sugieren que la distancia entre surcos dentro de los surcos mellizos puede ser de hasta 40 cm, mientras que la distancia entre los pares de surcos mellizos puede variar entre 70 - 80 cm. Aun así, los resultados reportados no han establecido una clara superioridad de los surcos mellizos sobre los surcos normales, en la obtención de mayores rendimientos. Este tipo de siembra se adecúa mejor a sistemas de riego tecnificado por goteo, la Estación Experimental Agraria Vista Florida del INIA, ha desarrollado una tecnología de manejo



utilizando surcos mellizos en un sistema de labranza mínima y riego tecnificado, con rendimientos que superan las 10 t/ha y volúmenes de riego no mayores a 4 000 m³/ha.

En la actualidad, la densidad de siembra se refiere al número de semillas por hectárea, y no por el peso, sino a la diferencia en el tamaño de la semilla de los diferentes tipos de maíces, especialmente híbridos. A menor tamaño de semilla, mayor número de semillas por kilogramo, y viceversa. El tamaño de la semilla de los híbridos simples, por ejemplo, es bastante menor que la semilla de los híbridos triples, dobles, y de las variedades. En el mercado, es cada vez más usual encontrar envases con 40 mil, 50 mil, 60 mil y 75 mil semillas de maíces híbridos. Se considera que esta forma de comercializar la semilla de maíz híbrido es más real, puesto que se recomienda la densidad como el número de plantas por hectárea.

En la costa, es cada vez más usual la siembra mecanizada, principalmente en los valles maiceros de mayor productividad, como el Valle de Chicama en La Libertad. Es importante, lograr una buena calibración de la sembradora, haciendo pruebas previas a la siembra para ajustar el número de semillas por metro lineal, lo que a su vez está relacionado con la velocidad promedio del tractor, que no debe pasar de 5 km/hora. El productor, debe considerar que en siembras mecanizadas generalmente se usa mayor cantidad de semillas por hectárea, por lo que es recomendable aumentar los niveles de fertilización para así obtener mejores rendimientos de grano. Se necesita realizar mayores investigaciones, para ajustar las recomendaciones de manejo de la interacción híbrido - densidad - fertilización. La ventaja de las siembras mecanizadas es la reducción de los costos de producción y la uniformidad con la que germina la semilla.

Por otro lado, la profundidad de siembra, está también relacionada con el tamaño de la semilla. A menor tamaño, la semilla debe estar más cerca de la superficie para que la plántula emerja sin dificultad. La siembra de semillas a una excesiva profundidad, puede que no reciba oxígeno suficiente para iniciar los procesos metabólicos propios de la germinación; e incluso si logra germinar, corre el riesgo de no emerger a la superficie. Si, por el contrario, la semilla es colocada muy cerca de la superficie del suelo, corre el riesgo de quedarse sin humedad suficiente para germinar, y quedar expuesta al consumo de los pájaros. Una profundidad de siembra recomendable es entre 5 y 8 cm, de esta manera se origina una emergencia rápida y poblaciones uniformes de plantas. Las semillas más pequeñas, como las de los híbridos simples, no deben sembrarse a demasiada profundidad.

Una forma práctica para determinar el número de plantas por hectárea luego de la siembra, es contando el número de plántulas en una longitud de surco equivalente a 10 m², tomando en cuenta la distancia entre surcos, según la Tabla 9, y multiplicando el resultado por 1000. Por ejemplo, si el campo está surcado a 80 cm, se cuenta el número de plantas que hay en 12.5 m de surco; si el número de plántulas es 70, entonces la densidad de plantas por hectárea es 70 mil. Es recomendable realizar 5 a 6 conteos y sacar el promedio.

**Tabla 9**

Número de plantas estimadas de acuerdo a las diferentes longitudes de surcos de 10 m²

Largo de surco para contar número de plántulas (m)	Distancia entre surcos (cm)
16.7	60
15.4	65
14.3	70
13.3	75
12.5	80
11.8	85



10



Fertilización



10. Fertilización

10.1 Fertilización química

El maíz, es un cultivo de alto rendimiento en grano y por esta razón sus requerimientos nutricionales son altos, en comparación a otros cultivos. La fertilidad del suelo, es el conjunto de componentes físicos, químicos y biológicos que deben asegurar que las plantas tengan el ambiente adecuado para su normal desarrollo. Algunos requerimientos, como el clima y el tipo de suelo, dependen de la naturaleza; mientras que muchos otros dependen de la actividad humana, y de la manera en cómo son manejados los resultados. En consecuencia, una buena fertilidad del suelo significa asegurar a las plantas condiciones físicas adecuadas, y un suministro oportuno y adecuado de agua y nutrientes, que permita la máxima expresión del potencial genético productivo de las variedades e híbridos. En tal sentido, es de vital importancia conocer el potencial de rendimiento del híbrido o de la variedad que se quiere sembrar, y conocer la fertilidad del terreno en el que se va a sembrar.

Existen dos grupos de elementos nutritivos que demandan las plantas para su desarrollo, tres de ellos son requeridos en mayor cantidad: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); y mientras que el calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), zinc (Zn), boro (B), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobre (Cu), cloro (Cl), y molibdeno (Mo), son requeridos en cantidades mucho menores, pero no por eso son de menor importancia. Las deficiencias de los microelementos, son a veces muy difíciles de detectar ya que los síntomas se confunden muchas veces con reacciones de la planta a enfermedades virósicas, efectos del clima y ataques de insectos. Generalmente, las deficiencias de microelementos tienden a presentarse como manchas, lo que actúa como una buena pista para descartar otras causas de origen biótico, cuyos síntomas se presentan de manera más dispersa. Para que los nutrientes puedan ser utilizados por la planta, tienen que estar disueltos en la solución del suelo y estar cerca de las raíces. Siendo este factor, crítico para el fósforo y el potasio, que tienen escasa movilidad en la solución del suelo, por lo que su aplicación debe hacerse en bandas cercanas a la planta.

10.1.1 Macronutrientes (Nutrientes primarios)

Nitrógeno (N)

El nitrógeno, es considerado como el elemento más importante para la planta ya que cantidades insuficientes afectan mucho más el rendimiento que cualquier otro elemento. Es usado por la planta a través de todas sus etapas de desarrollo, ya que estimula el crecimiento celular de todos los órganos de la planta. El nitrógeno forma parte de procesos bioquímicos importantes, como la fotosíntesis, y el nitrógeno es parte de la estructura de la clorofila, un pigmento que le confiere el

color verde a las hojas. Por eso, una planta con buena disponibilidad de nitrógeno en el suelo posee un color verde intenso y saludable.

La demanda de nitrógeno es constante hasta el llenado del grano, pero es tomado rápidamente por la planta durante el periodo de crecimiento rápido (Figura 27). Esta es la razón por la cual se recomienda aplicar el fertilizante nitrogenado en forma fraccionada, y la mayor parte al estado V6. Debido a que es muy dinámico en el suelo, tiene que asegurarse su presencia en todos los estados de desarrollo de la planta. A la floración, 60 % del nitrógeno total requerido por el cultivo ya ha sido tomado por la planta. Durante el llenado del grano, el nitrógeno es trasladado al grano desde las hojas, por lo que se puede presentar síntomas de deficiencia en las hojas, si no hay suficiente nitrógeno en el suelo.

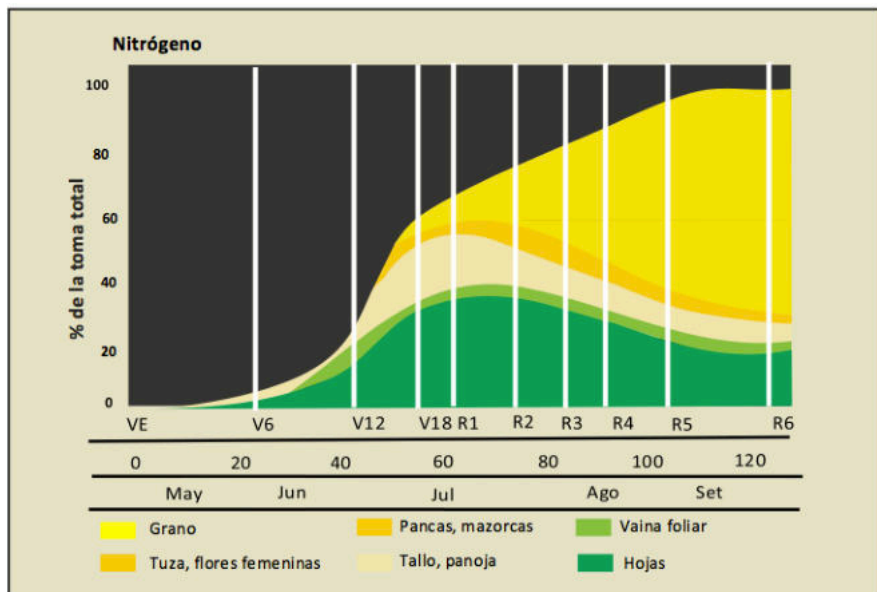


Figura 27. Curva de absorción del nitrógeno.

Recuperado de Iowa State University, 2020.



El nitrógeno, es tomado por las plantas en forma de nitratos (NO_3^-), a partir de fertilizantes químicos y orgánicos. Los nitratos no permanecen mucho tiempo en el suelo, se pierden por lixiviación y desnitrificación, lo que convierte a los nitratos en una forma gaseosa que escapa a la atmósfera. Este último proceso se produce en suelos con mucha humedad.

La forma amoniacal (NH_4^+) de los fertilizantes nitrogenados, se transforma en nitritos (NO_2^-) y luego en nitratos (NO_3^-) por un proceso llamado nitrificación. En la nitrificación se forman dos iones H^+ por cada NH_4^+ , por lo que la aplicación de abonos amoniacales (úrea) tiende a acidificar el suelo. Por eso, el uso de urea como fuente nitrogenada en suelos con alto contenido de materia orgánica no es muy recomendable. La materia orgánica también debe pasar por un proceso llamado mineralización (proceso de transformación de nitrógeno orgánico a nitrógeno mineral) para pasar a la forma amoniacal y luego a nitrato. Ambos procesos son realizados por bacterias aeróbicas, que a su vez requieren de nitrógeno para funcionar. El uso de nitrógeno por estas bacterias produce la llamada inmovilización del nitrógeno, que a su vez, puede ocasionar síntomas de deficiencia de este elemento en la planta.

La falta de nitrógeno en el estado de desarrollo anterior al V6, ocasiona el amarillamiento pálido en las plantas, con hojas pequeñas y crecimiento lento. Durante el periodo de crecimiento rápido, esta falta se manifiesta principalmente en las hojas inferiores de la planta, que presentan un color verde pálido, o con un amarillamiento que comienza en el ápice de la lámina foliar, moviéndose hacia abajo a lo largo de la nervadura central en forma de "V". A la madurez, las mazorcas son pequeñas, con un escaso llenado de granos. La falta de nitrógeno es más probable en condiciones de excesiva humedad y suelos arenosos deficientes de materia orgánica.

Fósforo (P)

El fósforo, forma parte de la estructura celular e interviene en el transporte de energía, por lo que su requerimiento es mayor durante las fases iniciales del crecimiento, donde la actividad celular es intensa, y en tejidos con gran actividad metabólica. El fósforo es tomado por las plantas como H_2PO_4^- , y se acumula en la planta de maíz en la misma relación con que acumula materia seca. Se estima que, al momento de la cosecha, alrededor del 75 % del fósforo total acumulado en la planta, está en el grano.

La toma del fósforo, al momento de la floración es de alrededor del 40 %, del total requerido por la planta, y continúa de esta manera hasta el llenado del grano.

Uno de los momentos críticos en la demanda del fósforo, se da cuando las plantas

se encuentran en los estados iniciales de crecimiento y las raíces están aún muy poco desarrolladas. Se ha encontrado una relación directa entre el peso de las raíces y su rendimiento. El fósforo, tiene una movilidad muy limitada en el suelo debido a su baja solubilidad, lo que hace que sea fácilmente adsorbido, fijándose por aniones de hierro, aluminio y calcio presentes en los coloides del suelo. La fijación es favorecida por suelos arcillosos, suelos con bajo pH y por la existencia de óxidos de hierro y aluminio. Por tal motivo, la disponibilidad del fósforo está muy relacionada con la cantidad de este elemento en el suelo, y requiere de altas cantidades. Cuando baja la concentración, el fósforo fijado pasa a la solución del suelo y se hace disponible. Con pH bajo, esta disponibilidad se ve muy limitada.

Las deficiencias de fósforo en el suelo, causan la presencia de hojas púrpuras, y retardo en el crecimiento y en la floración (Figura 28). También afecta el sistema radicular, y se producen mazorcas con la punta retorcida hacia un costado y con menos granos de menor tamaño. El color púrpura de las hojas también es un síntoma de la presencia de virus, pero en estos casos, la coloración púrpura se presenta en los bordes de las hojas (Figura 30).

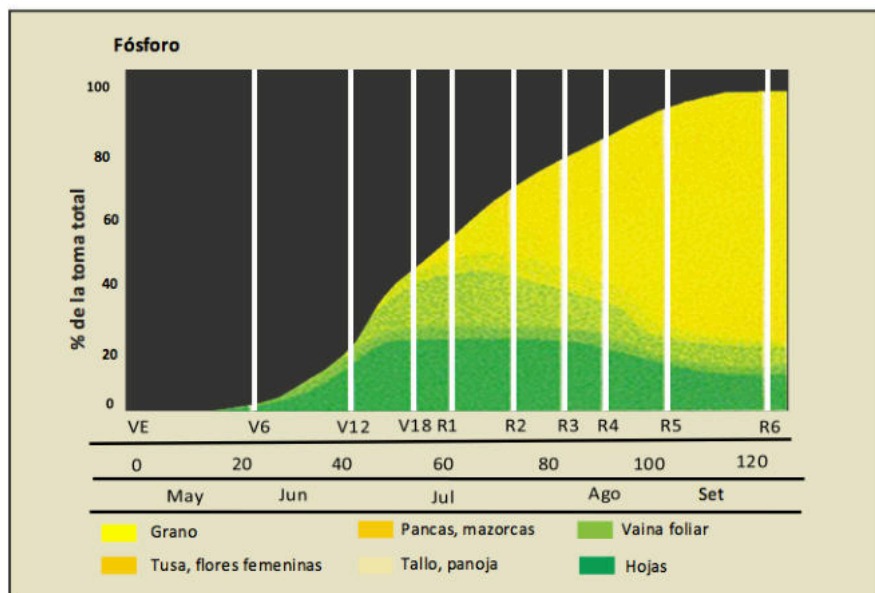


Figura 28. Curva de absorción del fósforo.

Recuperado de Iowa State University, 2020.



Potasio (K)

El potasio, es un elemento usado por la planta en grandes cantidades y es esencial para un crecimiento vigoroso. Su presencia está relacionada a una mejor estructura celular, pero no forma parte de algún compuesto orgánico de la planta. La toma de potasio por la planta se completa a la floración (Figura 29); y a la cosecha, el grano de maíz contiene alrededor de 30 % del total de potasio tomado por el cultivo. Siempre es necesario hacer aplicaciones de potasio, a pesar de que no es un elemento limitante ya que los suelos tienen cantidades grandes de este elemento, y en diferentes formas. Las cantidades e interacciones entre ellas regulan su disponibilidad para las plantas. Las formas existentes en el suelo pueden ser: estructural, fijado, adsorbido, cambiante, en solución y en organismos vivos.

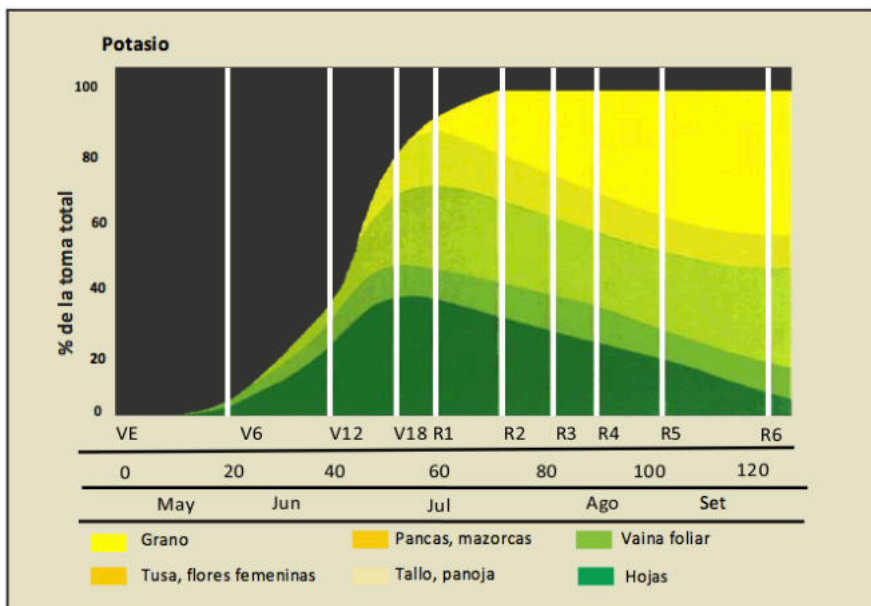


Figura 29. Curva de absorción del potasio.

Recuperado de Iowa State University, 2020.

El potasio, es absorbido por la planta en forma iónica. La forma principal es a través de las raíces, aunque también es asimilado por difusión. La toma de potasio es mejorada cuando el suelo tiene buena aireación. Por otro lado, el potasio también es arrastrado por la lixiviación del nitrógeno, aunque en menor cantidad que el calcio. Su disponibilidad no muestra mayores diferencias si la siembra es convencional o directa.

La falta de potasio en el maíz origina una decoloración de las hojas inferiores, las cuales se tornan amarillentas - marrones por los bordes de la hoja comenzando por el ápice, mientras que alrededor de la nervadura central permanece verde. También, la falta de potasio predispone a un mayor “acame” de plantas, y a la cosecha el tamaño de la mazorca es pequeña, y no existe un llenado completo (Figura 30).

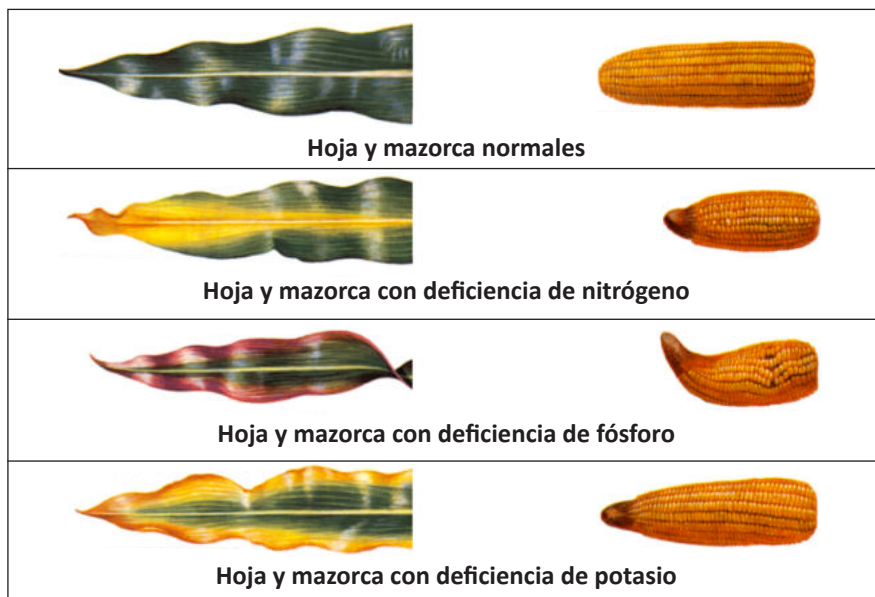


Figura 30. Síntomas de deficiencia de macroelementos en maíz.

Recuperado de International Plant Nutrition Institute, modificado.

Azufre (S)

Forma parte de los aminoácidos esenciales y de la molécula de la clorofila. Los suelos normalmente no son deficientes en azufre, de igual forma es aplicado en forma de sulfatos, en algunos fertilizantes químicos. La deficiencia de azufre se manifiesta como el retardo de la maduración, amarillamiento del follaje, pudiendo ocurrir clorosis entre las venas; además la planta puede mostrar un menor tamaño en suelos deficientes de azufre.

Calcio (Ca)

Los suelos generalmente no son deficientes de este elemento, pero su disponibilidad se encuentra limitada en suelos muy ácidos. El calcio, 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.



Magnesio (Mg)

Este elemento, se encuentra en cantidades adecuadas para el cultivo en el suelo. Cantidades excesivas de magnesio, puede resultar limitante para la toma de calcio por la planta. Puede ser deficiente en suelos de zonas de alta precipitación pluvial. Los síntomas de deficiencia de magnesio, se presentan como un rayado amarillento en las hojas, y un tono púrpura en los bordes y punta de las hojas. El magnesio es importante en la formación de la clorofila, por lo tanto, lo es en el aumento de la actividad fotosintética.

10.1.2 Micronutrientes (Nutrientes secundarios)

Boro (B)

Su rol está relacionado al transporte de fotosintatos al grano e interviene en la formación de los órganos florales y las raíces; también ayuda a la fertilidad del polen. La deficiencia excesiva de este elemento puede reducir el tamaño de mazorca y el mal llenado de grano. La deficiencia de boro en la planta se reconoce por la aparición de puntos amarillentos o descoloridos entre las nervaduras de las hojas jóvenes. El bajo contenido de materia orgánica, está relacionado al bajo nivel de boro, por lo que en la costa se recomienda la aplicación de este elemento al cultivo.

Zinc (Zn)

Su deficiencia origina amplias bandas blanquizas en las hojas jóvenes, a ambos lados de la nervadura central, comenzando de la base de la hoja, y causa retardo del crecimiento. Estos síntomas, también aparecen en hojas maduras ubicadas en la parte superior de la planta.

10.1.3 Momentos de aplicación del fertilizante químico

Generalmente las cantidades de fertilizantes se aplican de manera fraccionada, principalmente el nitrógeno. Se recomienda la aplicación de todo el fertilizante fosforado y potásico a la siembra, junto con el 20 - 30 % del nitrógeno. Una forma usual de aplicación es “volar” la mezcla del fertilizante para luego incorporarlo al suelo al momento del pase de la rastra. En siembras manuales, los pequeños agricultores pueden aplicar el fertilizante al momento del pase de la yunta al mismo tiempo que distribuyen la semilla, evitando un contacto directo con el fertilizante. Otra forma común de aplicar fertilizante es a las dos semanas después de la siembra, cuando las plántulas están con dos a tres hojas verdaderas (V2-V3), “sembrándolo” al pie de la planta (5 - 10 cm de la planta) o a lo largo del surco, a “chorro corrido”, incorporándolo con un aporte ligero. Existen diversas

formas para aplicar el fertilizante, y dependen de la manera en que se maneje la preparación del terreno y la siembra. Es importante asegurar que el suelo tenga suficiente humedad para que el fertilizante pase a la solución del suelo y esté disponible para las plantas.

La aplicación del resto del fertilizante nitrogenado (70 - 80 %), debe hacerse en el estado V5 o V6 (cuando la planta entra en su fase de crecimiento rápido). Por otro lado, debido a la alta movilidad del nitrógeno en el suelo, en algunas áreas maiceras se recomiendan hasta tres fraccionamientos del fertilizante nitrogenado y se considera la aplicación de 20 % en la siembra, 40 % en el estado de crecimiento rápido y 40 % entre los estados V9 y V12 (cuando la planta está definiendo el número de granos por hilera y el tamaño de la mazorca).

El INIA, indica la aplicación de microelementos nutritivos en diferentes etapas de desarrollo del cultivo. En el estado de 4 - 6 hojas (V4 - V6), se recomienda la aplicación de sulfato de cobre, boro y magnesio, y en 8 - 10 hojas (V8 - V10), molibdeno. También, se considera el uso de zinc y calcio en el estado de hoja bandera; y de magnesio, calcio y boro a inicios de la floración masculina (emisión de polen).

10.1.4 Cantidad de fertilizante a aplicar

Todo cultivo extrae una cantidad de nutrientes del suelo que tiene que reponerse o poner a disposición de las plantas, para asegurar una buena producción. Se estima que una población de plantas, para producir una tonelada de grano de maíz, extrae 20.4 kg de nitrógeno, 8.5 kg de fósforo y 22.3 kg de potasio, y desde 13 mg hasta cerca de 6 kg de diversos micronutrientes. Como se observa en la Tabla 10, el contenido de nitrógeno (51.66 %) es el nutriente más importante en el grano; mientras que el potasio (54.79 %) es el nutriente más importante del rastrojo. Por lo tanto, una producción de 10 t/ha extraería 204 kg de N, 85 kg de P_2O_5 , y 223 kg de K_2O .

Por otro lado, las fórmulas de los fertilizantes mayores (N, P, K), varían según la fertilidad del suelo, determinado por un análisis de suelo; y por el hecho de usar una variedad o un híbrido. Los híbridos por tener un mayor potencial de rendimiento necesitan mayor cantidad de fertilizantes, especialmente de nitrógeno. Las cantidades de N, P y K por hectárea se observan en el Anexo 1.



Tabla 10

Contenido de nutrientes del grano y rastrojo de maíz (kg de nutrientes por 1 000 kg de maíz)

Nutriente	Grano		Rastrojo		Total	
	kg	%	kg	%	kg	%
Nitrógeno (N)	14,286	51,66	6,072	18,63	20,358	33,79
Fósforo (P)	6,786	24,54	1,667	5,11	8,453	14,03
Potasio (K ₂ O)	4,405	15,93	17,858	54,79	22,263	36,95
Calcio (Ca)	0,119	0,43	3,453	10,59	3,572	5,93
Magnesio (Mg)	0,952	3,44	2,500	7,67	3,453	5,73
Azufre (S)	1,071	3,87	0,833	2,56	1,905	3,16
Zinc (Zn)	0,012	0,04	0,018	0,05	0,03	0,05
Boro (B)	0,004	0,01	0,012	0,04	0,015	0,03
Manganeso (Mn)	0,008	0,03	0,039	0,12	0,048	0,08
Fierro (Fe)	0,007	0,03	0,131	0,40	0,138	0,23
Cobre (Cu)	0,002	0,01	0,011	0,03	0,013	0,02
Total	27,652	100,00	32,594	100,00	60,248	100,00

Recuperado de University of Wisconsin – US Department of Agriculture. 1998, adaptado.

10.1.5 Fertilizantes disponibles en el mercado

Existen en el mercado una amplia diversidad de fertilizantes (Tabla 11).

Para elegir al fertilizante adecuado, es necesario tomar en cuenta el tipo y características de suelo, y las cantidades necesarias.

Tabla 11

Fertilizantes genéricos existentes en el mercado nacional. Los elementos están expresados en porcentajes.

Fertilizantes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	S
Úrea CO(NH ₂) ₂	45.0					
Nitrato de amonio NH ₄ NO ₃	33.5					
Nitrato de amonio cálcico NAC	27.0			4.0	6.0	
Sulfato de amonio (NH ₄) ₂ SO ₄	21.0					24.0
Fosfato de amonio NH ₄ H ₂ PO ₄	11.0	48.0				
Fosfato di amónico (NH ₄) ₂ HPO ₄	18.0	46.0				
Nitrato de calcio Ca(NO ₃) ₂	15.5				26.5	
Nitrato de sodio NaNO ₃	16.0					
Superfosfato simple de calcio Ca(H ₂ PO ₄) ₂		20.0			18.0	
Superfosfato triple calcio [Ca(H ₂ PO ₄) ₂ •H ₂ O]		46.0			18.0	
Cloruro de potasio KCl			60.0			
Sulfato de potasio K ₂ SO ₄			50.0			18.0
Nitrato de potasio KNO ₃	13.0		44.0			
Sulpo mag [22% Potasio (K ₂ O), 18% Magnesio (MgO), 22% Azufre (S)]			22.0	18.0		22.0
Guano de isla	10.0	10.0	2.0			

10.2 Fertilización orgánica

El uso de fertilizantes de naturaleza orgánica en el maíz, debe considerarse como un complemento a la fertilización química con el propósito de lograr expresar el máximo potencial productivo de los híbridos. Los residuos de cosecha y los desechos de animales, contienen todos los elementos mayores y menores esenciales para el desarrollo de la planta; sin embargo, las cantidades son muy bajas. Quizá la mejor contribución del uso de compuestos orgánicos es el mejoramiento de la estructura del suelo, ya que la materia orgánica descompuesta mejora la cohesión de los agregados del suelo, especialmente en suelos arenosos. En suelos con alto contenido de arcillas, la materia orgánica reduce la cohesión de las partículas. La mejor estructura del suelo, así como la presencia de materia orgánica, mejoran la aireación y la capacidad de retención de la humedad del suelo. La materia orgánica, también aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC), reduciendo la pérdida por filtración de elementos como el potasio, calcio y magnesio.



Sin embargo, los residuos animales contienen cantidades significativas de semillas de malezas que pueden causar problemas durante el desarrollo del cultivo. Por esta razón, es preferible transformar los desechos a la forma de compost, labor que puede ser realizada por los mismos agricultores.

En muchas regiones maiceras del planeta, la siembra de leguminosas, para luego ser incorporadas al suelo como abono verde, resulta bastante común. Las ventajas radican en la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico, y en la mejora del contenido de materia orgánica del suelo. Entre las especies más usadas figuran la mucuna y *Leucaena* sp. La rotación de cultivos, alternando maíz con una leguminosa, es una opción que debe ser considerada más seriamente, especialmente cuando los productos puedan ser cosechados en verde.

La fertilización orgánica, requiere del empleo de grandes volúmenes de producto para que sea incorporado a los suelos. Esto implica elevar los costos, por lo que se recomienda hacerlo en forma gradual en el tiempo, en suelos que necesitan mejorar su estructura y cuyo contenido de materia orgánica sea muy bajo. Suelos con buena estructura y buen contenido de materia orgánica, no requieren de aplicaciones masivas de fertilizantes orgánicos, ni que sean hechas año tras año. Por eso, resulta conveniente que el agricultor mande a realizar análisis de sus suelos cada dos años, si su suelo presenta problemas; y luego cada tres o cuatro años, para programar de manera efectiva el uso de enmiendas orgánicas y químicas si es necesario.

10.3 Análisis de suelos e interpretación

El análisis de suelo, es realizado para diagnosticar el nivel de fertilidad del mismo, permitiendo realizar correcciones (enmiendas), de ser necesario, para mantener su fertilidad, con la finalidad de obtener mayores rendimientos del cultivo.

Para ello, se toman submuestras de suelo de un terreno representativo, previamente homogenizado, para la obtención de una muestra compuesta de entre 500 y 600 g. La muestra compuesta, debidamente identificada, es colocada en una bolsa plástica limpia para posterior envío al Laboratorio de Análisis de Suelo.

Es preciso indicar que las submuestras deben ser tomadas en la misma cantidad y forma, eliminando totalmente la vegetación de la superficie. La profundidad de la muestra debe equivaler al largo de la palana con que se la toma. Los esquemas de muestreo pueden ser:

- a) Aleatorio simple,
- b) Aleatorio estratificado,
- c) Rejilla rectangular, tal como se muestra en el esquema de la Figura 31.

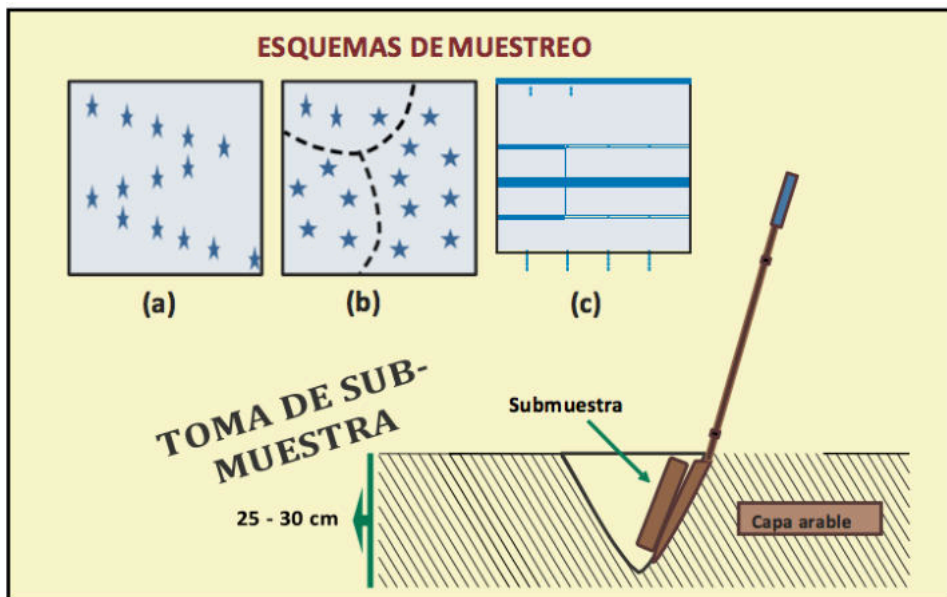


Figura 31. Esquematización de la toma de muestras de suelo para análisis.

Los métodos de determinación de los diferentes elementos que contienen los resultados de los análisis de suelo, varían generalmente según el laboratorio que lo realiza. El rango de los valores de los componentes analizados también es variable. Los análisis de suelo en nuestro medio son clasificados como de rutina y de caracterización. Las siguientes escalas ayudarán a hacer una mejor interpretación de los resultados del análisis:

pH: indica la acidez o alcalinidad de la solución del suelo. Se define como el logaritmo del recíproco de la concentración del ión hidrógeno (H^+), expresado en gramos/átomo por litro de solución. El agua posee un pH neutro cuyo valor es 7, que equivale a 0.0000001 g/átomo de H/Litro. Valores menores a 7 indican acidez, mientras que valores mayores a 7 (hasta 14), indican alcalinidad. Como los valores se expresan en términos de logaritmo en base 10, un aumento o disminución de un punto equivale a 10 veces el valor siguiente. Esto significa que el pH 6 es 10 veces más ácido que el pH 7; el pH 5 es diez veces más ácido que el pH 6 y 100 veces más que el pH 7.



Los valores de pH son:

- < 5.5 fuertemente ácido
- 5.6 a 6.0 moderadamente ácido
- 6.1 a 6.5 ligeramente ácido
- 7.0 neutro
- 7.1 a 7.8 ligeramente alcalino
- 7.9 a 8.4 moderadamente alcalino
- > 8.5 fuertemente alcalino

Conductividad eléctrica: indica el contenido de sales y se mide en milimhos/cm²:

- < 2.0 muy ligeramente salino
- 2.0 a 4.0 ligeramente salino
- 4.0 a 8.0 moderadamente salino
- > 8.0 muy salino

Materia orgánica (%):

- < 2.0 bajo
- 2.0 a 4.0 medio
- > 4.0 alto

Nitrógeno (%): los valores son referenciales ya que el nitrógeno esta principalmente en la materia orgánica y necesita ser liberado por procesos biológicos para poder ser usado por las plantas.

- < 0.1 bajo
- 0.1 a 0.2 medio
- > 0.2 alto

Fósforo (ppm):

- < 5 bajo
- 5 a 10 medio
- 10 a 15 alto
- > 15 muy alto

Potasio (ppm):

- < 150 bajo
- 150 a 250 medio
- 250 a 350 alto
- > 350 muy alto



Calcáreos totales (%): están en los suelos en forma de calizas (carbonato de calcio), magnesita (carbonato magnésico), dolomita (carbonato de calcio y magnesio). En suelos salinos no hay carbonatos, por lo que tienen que ser adicionados para elevar el pH. El exceso de carbonatos impide la solubilidad del hierro, zinc, manganeso y cobre.

- < 1 bajo
- 1 a 5 medio
- > 5 alto

Capacidad de intercambio catiónico - CIC (meq/100 g): definida como la cantidad máxima de cationes (iones con carga positiva) que puede adsorber la unidad de masa del suelo. Se expresa en miliequivalentes por 100 gramos de suelo seco; también se expresa en centimoles (cmol) por carga positiva por kilogramo de suelo {1 cmol(+) = 1 meq/100 g}. A mayor valor de CIC, mayor capacidad y fuerza para retener cationes (K^+ , Ca^{++} , Cu^{++} , Fe^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , Al^{+++} , Na^+ , H^+). Por otro lado, suelos con bajo CIC tienen menor retención de los nutrientes móviles, como los nitratos (NO_3^-).

- < 6 muy bajo
- 6 a 12 bajo
- 12 a 25 medio
- 25 a 40 alto
- > 40 muy alto

Los pesos de 1 equivalente en Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , H^+ y NH_4^+ se describen en la Tabla 12, los cationes cambiales y su equivalente se describen en la Tabla 13; y en la Tabla 14 se describen los factores de peso de la capa arable.

Tabla 12

Pesos equivalentes de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Na^+ , H^+ y NH_4^+

Ca^{++}	=	20	Na^+	=	23
Mg^{++}	=	12.1	H^+	=	1
K^+	=	39	NH_4^+	=	18

1 equivalente = peso (g) del elemento, que se combina o reemplaza a un gramo de hidrogeno. Es igual al peso atómico o molecular dividido entre la valencia.

1 miliequivalente = milésima parte de 1 equivalente.



Tabla 13

Rango de cationes cambiabiles de Ca, Mg, K, y Na

Cationes cambiabiles:	Ca	Mg	K	Na
Muy bajo	< 2	< 0.3	< 0.2	< 0.1
Bajo	2 - 5	0.3 - 1	0.2 - 0.1	0.1 - 0.3
Medio	5 - 10	1 - 3	0.3 - 0.6	0.31 - 0.7
Alto	10 - 20	3 - 8	0.61 - 1.2	0.7 - 2.0
Muy alto	>20	>8	>1.2	>2

Tabla 14

Factores de peso de la capa arable, en función de la textura y la densidad aparente

Peso de capa arable	Textura	Densidad aparente
2.21 x 10 ⁶ kg/ha	franco o franco arenoso	1.30 g/cm ³
2.72 x 10 ⁶ kg/ha	arenoso	1.60 g/cm ³
0.54 x 10 ⁶ kg/ha	turba - estiércol	0.32 g/cm ³

Cálculo de las necesidades de N, P y K

Para estimar el contenido de los elementos nutritivos del suelo en base a los resultados de los análisis de suelo, se debe tomar en cuenta los siguientes equivalentes:

P_2O_5 disponible (kg/ha) = ppm × 4.6

K₂O disponible (kg/ha) = ppm × 2.4

N mineral (kg/ha) = MO (%) × 20

(ppm: cantidad de materia contenida en una parte sobre un total de 1 millón de partes).

1.0 meq de Ca/100 g = 500 kg de Ca/ha

1.0 meq de Mg/100 g = 360 kg de Mg/ha

1.0 meq de K/100 g = 1170 kg de K/ha

1.0 meq de Na/100 g = 690 kg de Na/ha







Manejo integrado de plagas





11. Manejo integrado de plagas

11.1 Generalidades y principios

Desde la germinación y emergencia de las plántulas hasta la cosecha, e incluso después de ella, el maíz es susceptible al ataque de un gran número de insectos y plagas que pueden reducir significativamente la cantidad y calidad de la cosecha. La aparición e intensidad de estos muchas veces se debe a la conjugación de múltiples factores, que van desde una mala preparación del terreno, uso de semilla de mala calidad, o de variedades inadecuadas para la zona, y de prácticas de manejo que favorecen el desarrollo de estas plagas. El manejo integrado de plagas y enfermedades, forma parte del manejo integrado del cultivo, y este a su vez, es parte del manejo integrado del ecosistema. El manejo integrado significa no individualizar cada uno de estos componentes, ni sus factores, ya que todos están interactuando, y cualquier alteración a cualquier nivel, provoca otras reacciones que deben ser previstas y manejadas. Se puede definir el Manejo Integrado de Plagas, como una estrategia que combina todos los factores que intervienen en un cultivo, desde antes de la siembra hasta después de la cosecha, para mantener la incidencia de plagas por debajo del límite que causen pérdidas económicas y minimizar la perturbación del medio ambiente.

El Manejo Integrado, se inicia mucho antes de la preparación del terreno, planificando el manejo de los rastrojos de la cosecha anterior, el tipo de labranza más adecuada, las labores agronómicas del cultivo, el cultivar que se va a sembrar, las facilidades para el uso de controladores biológicos, etc. La combinación de buenas prácticas agrícolas, controladores biológicos y el control químico adecuado, resultan en una mayor rentabilidad para el agricultor y minimizan la perturbación del medio ambiente.

11.1.1 Principios del manejo integrado de plagas

Se considera como plagas, a todo organismo que compite por comida y espacio, reduciendo la disponibilidad de recursos. Un organismo se convierte en plaga cuando las condiciones del ambiente le son favorables y le permiten incrementar significativamente, afectando la producción y la rentabilidad del cultivo. El manejo integrado de plagas es la combinación del uso de diferentes métodos de control: control biológico, uso de variedades resistentes, prácticas culturales, control mecánico, control físico, control legal, control autócida (empleo de insectos estériles para combatir a su propia especie) y control químico. Sin embargo, todos se enmarcan en los siguientes principios:

- Agronomía del cultivo (manejo adecuado de cultivares y prácticas culturales).
- Monitoreo de población de plagas para determinar el umbral económico.

- Mantenimiento y uso del control natural, biológico y no biológico.
- Uso mínimo de controles químicos.
- Participación de los agricultores.

11.2 Manejo integrado de insectos

Son numerosas las especies de insectos que existen en un campo de maíz, y ninguna es dañina al cultivo, a menos que se den las condiciones que se incrementen significativamente y se convierten en plagas que deban ser controladas. Por lo general, los insectos pasan por diferentes estados de desarrollo: huevo, larvas (ninfas), pupa (crisálida) y adulto. Según la especie, pueden pasar por todos los estadios de desarrollo, mientras que otras no llegan a convertirse en pupas. Entre las primeras está el grupo de las polillas (gusanos cortadores, mazorqueros, barrenadores de tallo) y escarabajos (gusano de las raíces, gusanos de alambre, gallinas ciegas, gorgojos), y entre las segundas se cuentan a los saltamontes, cigarritas y chinches. En los pulgones la hembra es partenogénica, originando ninfas sin ser fecundada.

Las poblaciones de insectos que pueden causar daños al cultivo del maíz son fluctuantes y su número depende de muchos factores: las prácticas agronómicas, las variaciones del clima, la competencia entre las diferentes especies, la cantidad y variedad de insectos depredadores, las enfermedades y virus que los atacan, la cantidad de malezas hospederas, la cantidad y calidad de alimento.

11.2.1 Tipos de insectos plaga

Según la población, las plagas de insectos pueden ser:

- Plagas claves o persistentes:** cuando su nivel de equilibrio poblacional está muy cercano al nivel en que causa daño económico, de no controlarse causan reducciones importantes en el rendimiento.
- Plagas ocasionales:** cuando su población se equilibra a un nivel, donde representa una amenaza económica al cultivo, pero que pueden resultar problemático si se conjugan circunstancias favorables. Estas poblaciones incrementan su tamaño en forma esporádica debido al mal manejo, fluctuaciones climáticas, y a la eliminación de enemigos naturales.
- Plagas potenciales:** cuando su población siempre está muy por debajo de niveles, donde no representan una amenaza al cultivo.
- Plagas migratorias:** son poblaciones de insectos de alta movilidad, infestan al cultivo por cortos periodos de tiempo.
- Insectos no plaga:** no tienen potencial dañino para el cultivo, y muchos de ellos son benéficos (polinización, control biológico, etc.).



Para decidir cuándo es necesario actuar para controlar una población de insectos, es necesario conocer dos conceptos: el Nivel de Daño Económico (NDE) y el Umbral Económico (UE). El primero, es el punto en que el daño que causan los insectos al cultivo comienza a ocasionar pérdidas económicas mayores a lo que el agricultor gastaría en controlarlos. Mientras que el UE, es un nivel cercano al NDE, que indica que se debe actuar para evitar que los daños causen pérdidas económicas. El NDE depende de la clase de insecto y del momento del cultivo. Es decir, las poblaciones de insectos dañinos podrían estar relativamente altas en momentos en que no son una amenaza a la productividad del cultivo. Es necesario hacer un seguimiento efectivo a las poblaciones de las plagas claves, en momentos importantes del cultivo para determinar cuál debe ser la forma de actuar. Entonces, el objetivo del Control Integrado es mantener a las plagas claves en un nivel poblacional que no causen daños económicos significativos al cultivo.

11.2.2 Factores que favorecen a los insectos plaga

En la costa peruana, debido a las condiciones climáticas favorables, se cultiva maíz todo el año, y es muy frecuente observar en un mismo valle, campos de maíz en casi todas las fases de desarrollo, desde la siembra hasta la cosecha. Esto trae como consecuencia, que las plagas siempre encuentran una fase fenológica del cultivo que las mantenga en altos niveles poblacionales. En el caso de insectos vectores de virus y viroides, cuyo número se incrementa de una manera aún no cuantificada, puede resultar grave, observando sus consecuencias en el creciente número de plantas de maíz con síntomas, campaña tras campaña.

La mala preparación del terreno y la presencia de malezas, favorecen el ataque de gusanos de tierra y no rompen el ciclo de otros que se encuentran en estado pupal. Las malezas actúan no solo como hospederas, sino que forman parte del ciclo de vida de muchos insectos. Deshierbos tardíos, favorecen el desarrollo de gusanos de tierra, cigarritas, trips, etc. Cuando el terreno es preparado de manera adecuada y con anticipación, no solo se logra controlar la población de malezas, sino que destruye o deja expuestas a larvas, pupas, posturas, que son eliminadas por el sol, pájaros, hormigas, etc. Por ejemplo, las poblaciones remanentes de “cañero” se ven favorecidas por la costumbre de cortar la planta, dejarlas en el suelo para que las mazorcas se sequen y luego sean cosechadas.

11.2.3 Evaluación de plagas

Las evaluaciones de las plagas, tienen como objetivo identificar el tipo, número y daño que el insecto está causando, por lo que el muestreo debe determinar la incidencia (número de plantas infestadas) y la severidad (número de insectos por planta evaluada). Las áreas sembradas a evaluar no deben ser muy extensas (no mayores a 15 ha), que sean de topografía uniforme, y sembradas con un mismo

cultivar. Las observaciones deben concentrarse en semillas no germinadas y en el suelo alrededor de la plántula; en cada planta se debe examinar el cogollo y las 3 - 4 primeras hojas, todo el tallo, la inflorescencia masculina y femenina, la parte apical (pistilos) de la mazorca. También se debe examinar la tierra alrededor de las plantas, en un metro de largo, para buscar gusanos de tierra.

Los puntos de muestreo, donde se harán las lecturas, deben ser determinados al azar, para lo cual existen diferentes técnicas. Una de ellas, es recorrer el campo en zigzag, comenzando en un punto distante a 8 - 10 metros del borde del campo. En cada punto de muestreo las lecturas se hacen en 10 plantas. Se localizan 10 puntos de muestreo hasta completar 100 plantas evaluadas en total. Los puntos de muestreo se ubican entre 8 - 10 surcos de separación (Figura 32).

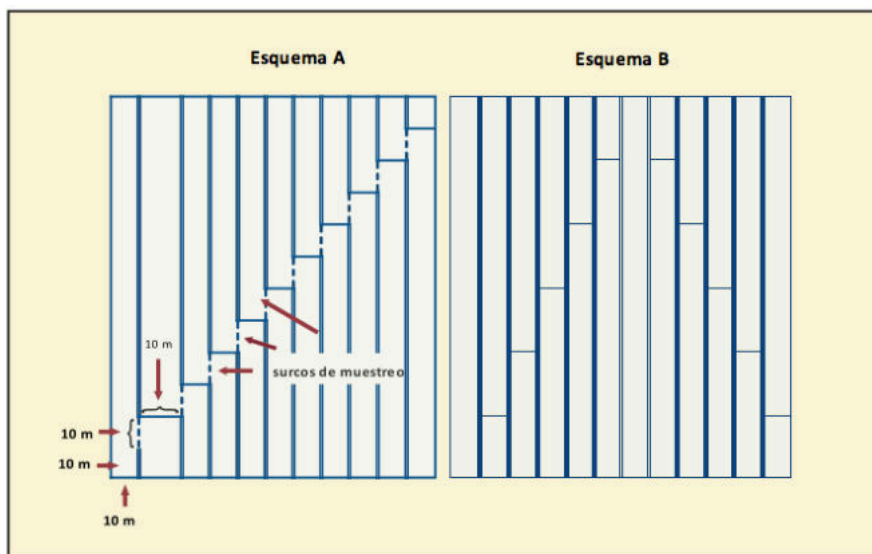


Figura 32. Esquemas de muestreo para evaluar incidencia y daños de insectos.

En la primera etapa de crecimiento de la planta (desde la germinación hasta las primeras 8 hojas), es importante evaluar el daño de gusanos cortadores, ya que pueden reducir significativamente la densidad de población. Se deben realizar evaluaciones por lo menos dos veces por semana, para asegurar encontrar en la base de las plantas cortadas a las larvas. En la fase de crecimiento rápido hasta la floración, las plagas causan serios daños al área foliar, disminuyendo la capacidad fotosintética y retardando el crecimiento; en esta etapa las evaluaciones se realizan por lo menos una vez por semana.



11.2.4 Principales insectos plaga

Los insectos más importantes como plagas en la costa se muestran en el Tabla 15; sin embargo, las de mayor incidencia son las cuatro primeras.

Tabla 15

Principales insectos plaga que afectan al maíz amarillo duro en la costa del Perú

Insecto plaga	Clase	Epoca de daño
Cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>)	C	<V5 - V6>
Gusano picador (<i>Elasmopalpus lignosellus</i>)	C	G - V5
Gusanos cortadores (<i>Feltia experta</i> y <i>Agrotis ipsilon</i>)	O	G - V5
Cañero (<i>Diatraea saccharalis</i>)	O	V1 - R4
Lorito verde (<i>Diabrotica</i> spp)	O	<V5 - V6 >
Chinche del maíz (<i>Orthotylellus carmelitanus</i>)	P	VT
Pulgones (<i>Rhopalosiphum maidis</i>)	P	V6>
Polilla de la mazorca (<i>Pococera atramentalis</i>)	P	R2>
Mosca de la mazorca (<i>Euxesta</i> spp)	P	R2>
Cigarrita (<i>Dalbulus maidis</i>)	P	<V5 - V6>
Mazorquero (<i>Helicoverpa zea</i>)	P	VT>
Trips (<i>Frankliniella wiliamsi</i>)	P	G - V5

C: plaga clave;

P: plaga potencial;

O: plaga ocasional

A continuación, se describen las plagas de insectos más importantes, causantes de daños económicos importantes, al no ser controladas adecuadamente:



Gusano picador: *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Figura 34).



Figura 34. *Elasmopalpus lignosellus* Zeller.

Recuperado de ResearchGate, 2020.

- **Ciclo de vida:** 25 días en verano y 50 días en invierno.
- **Daños:** perfora la plántula a nivel del cuello y continúa hacia arriba, pudiendo destruir el punto de crecimiento, lo que se conoce como “corazón muerto”. La planta se marchita y muere.
- **Período crítico de daño:** los primeros 25 - 30 días después de la siembra, al término de la fase de crecimiento lento (V4 - V5).
- **Evaluación:** contar plántulas con daño y/o con perforaciones, al observar plántulas con síntomas de marchitamiento sacarlas, y examinar alrededor de ellas para buscar perforaciones o capullos contruidos con hilos de seda y tierra.
- **Límite de control:** 10 % de plantas dañadas o 5 % de larvas.
- **Control cultural:** se recomienda riegos no muy pesados, y el control de malezas (gramíneas, grama china).
- **Control químico:** tratamiento de semilla con thiodicarb + imidaclo- prid (23 - 26 ml/kg semilla), y uso de insecticidas con aplicaciones a chorro dirigidas. Los productos pueden ser en base de fentoatos (0.25 % - 0.3 % p.c.), piretroides (0.1 % p.c.), clorpirifos (0.2 % p.c.)



en agua de acuerdo con la viscosidad. Se colocan en los bordes de los campos en envases de plástico de 5 galones aproximadamente.

- **Control biológico:** la mejor estrategia de control biológico es la conservación de los enemigos naturales presentes en campo. Los más frecuentes en maíz son:
 - Predadores: Anthocoridae, Miridae, Nabidae, Neididae y Reduviidae (Zelus), Cincindelidae, Carabidae.
 - Parasitoides: *Archytas marmoratus*, *Winthemia* sp (Tachinidae), *Ravinia aurigena* (Sarcophagidae).
- **Control químico:**
 - Inhibidores de quitina: triflumaron (0.015 % I.A.), diflubenzuron (0.02 % I.A.), flufenoxuron (0.01 % I.A.), chlorfluazuron (0.01 % I.A.).
 - Aspersiones: indoxacarb (0.05 - 0.1 % p.c.), spinosad (0.075 % p.c.), metomyl (0.1 % p.c.), profenofos (0.2 - 0.3 % p.c.), metamidofos (0.2 - 0.3 % p.c.), triclorfon (0.2 - 0.3 % p.c.), carbaryl (0.3 % p.c.), clorpirifos, (0.2 - 0.3 % p.c.).
 - Granulados: dipterex G, (8 - 10 kg/ha), chlorfos 2 G (8 - 12 kg/ha).



Gusano del ápice de la mazorca: *Tallula atramentalis* Led.

- **Ciclo de vida:** 35 - 70 días.
- **Daños:** las hembras ovipositan en los pistilos, mientras que las larvas invaden las mazorcas cuando los granos están formándose, alimentándose de ellos. Se ubican solo en la parte apical de la mazorca y no causan mermas significativas en el rendimiento, pero si causan entradas para otros insectos y microorganismos que dañan la calidad de la mazorca.
- **Período crítico de daño:** maduración de los granos.
- **Evaluación:** observar los pistilos y el ápice de la Mazorca , para ubicar larvas entre ellos, y contar el número de mazorcas con larvas.
- **Límite de control:** 10 % de plantas con larvas.
- **Control cultural:** cultivares con brácteas compactas.
- **Control biológico:**
 - Predadores: chinches de las familias Anthocoridae, Miridae, Lygaeidae.
 - Parasitoides: *Apanteles concordalis*, *Chelonus* sp., *Phanerotoma* sp., *Venturia peruviana*.
- **Control químico:** carbaryl (0.1 % p.c.), trichlorfon (0.1% p.c.).
Pulgón verde: *Rhopalosiphum maidis* Fitch.
- **Ciclo de vida:** 15 - 20 días. Se reproducen por partenogénesis.
- **Daños:** observar envés de hojas tiernas y panojas. Sus secreciones dulces favorecen el desarrollo de la “fumagina”.
- **Período crítico de daño:** en el cartucho antes de la emisión de la panoja y al momento de emergencia de esta.
- **Evaluación:** observar el número de pulgones en las hojas y la panoja.
- **Límite de control:** entre 5 - 10 pulgones por hoja.
- **Control biológico:**
 - Predadores: Chrysopidae, Syrphidae, Coccinellidae.
 - Parasitoides: Braconidae
- **Control químico:** Aplicaciones localizadas con dimetoatos (0.1 % p.c.), demetons-metil (0.075 a 0.1 % p.c.)

Otras plagas frecuentes:

- **Cigarritas del maíz:** *Dalbulus maidis* (De Long E Wol), *Peregrinus maidis* (Ashmead). Son importantes vectores de virus; el primero es el agente transmisor más importante del complejo de patógenos del “achaparramiento del maíz” producidos por *Spiroplasma kunkelli*, Fitoplasma (MBS) y el virus del “rayado fino”.
- **Trips del maíz:** *Frankiniella williamsi* Hood. Atacan plantas tiernas absorbiendo el contenido celular, llegando a secar las plántulas cuando el ataque es intenso.

11.3 Manejo Integrado de enfermedades

Las enfermedades, son disturbios fisiológicos causados por patógenos que invaden la planta causando infecciones en ella. Pueden ser hongos, bacterias, virus, viroides, espiroplasmas y fitoplasmas. Mientras que la severidad y la extensión del daño, dependen de la virulencia del patógeno, de las condiciones ambientales y de la susceptibilidad del cultivar.

La planta infectada puede reaccionar de distintas maneras al patógeno, es decir, desarrolla diversos mecanismos como estrategias de defensa, que pueden ser de tolerancia y resistencia. La tolerancia reduce la capacidad de infección del patógeno, pero no impide que este siga desarrollándose. En estos casos, existe progresión en los daños visibles causados por el patógeno, que merma en la productividad de cultivo. La resistencia, no solo reduce significativamente la capacidad de infección del patógeno, sino que también impide que este siga desarrollándose. Lo contrario es la susceptibilidad de la planta, es decir, la incapacidad de impedir que el patógeno invada los tejidos causando daños importantes que, por lo general, reducen significativamente o anulan la capacidad productiva de la planta.

La resistencia puede ser condicionada por características morfológicas y/o fisiológicas, cuya herencia puede estar dada por uno, pocos, o por muchos genes, es decir, la resistencia puede ser de naturaleza oligogénica o poligénica. Por su forma de acción, la resistencia puede ser de tipo vertical, es decir, es específica para un patógeno o una raza de este, en estos casos generalmente este tipo de resistencia es de naturaleza oligogénica; o cuando la resistencia es horizontal, se refiere a la capacidad de la planta de tolerar a más de una raza del patógeno, e inclusive a más de un agente causal.

La resistencia vertical en sistemas planta – patógeno (interacción patógeno – hospedero), es controlada por el gen de virulencia del patógeno y por el gen de resistencia de la planta. Así, la resistencia de un cultivar con uno o más genes de resistencia, se manifestará cuando surge una raza del patógeno con los genes de virulencia, que son complementarios a los genes de resistencia del cultivar. En una reacción gen-a-gen, los genes de resistencia del cultivar, ejercen una presión de selección sobre los genes de virulencia del patógeno, que obligan eventualmente a este último, a mutar hacia formas más virulentas. Por otro lado, la resistencia horizontal es más estable debido a la complejidad de los mecanismos de resistencia que deben ser vencidos por el patógeno.

11.3.1 Principales plagas de maíz

El maíz, es atacado por un gran número de enfermedades, cuya importancia y grado de impacto en el rendimiento de grano, varía según la región en que se

cultiva. Al igual que con los insectos, todas las partes de la planta son susceptibles a un gran número de enfermedades que reducen la calidad y cantidad del rendimiento. Sin embargo, las condiciones climáticas de la costa peruana, especialmente durante el verano, y todo el año en zonas alejadas del litoral, no son favorables para el desarrollo de enfermedades, principalmente foliares, que dañen económicamente al cultivo. El principal control, es el uso de cultivares que no sean susceptibles y evitar sembrar todo el año, para romper el ciclo de vida de los patógenos, reduciendo la cantidad del inóculo, y mantenerlo en equilibrio con el cultivo. Para las condiciones de nuestro país, no es recomendable el uso de fungicidas, ya que las enfermedades foliares normalmente se hacen conspicuas después de la floración y no se tienen reportes de afectar seriamente la productividad del cultivo.

Existen varias especies de *Helminthosporium* que afectan al maíz. En nuestro medio, una de las más comunes es *Setosphaeria turcica* (forma sexual) y *Exserohilum turcicum* (forma asexual). En condiciones favorables al patógeno, la infección se manifiesta como pequeñas lesiones de forma ovalada que comienzan a aparecer en las hojas inferiores de la planta (Figura 37).



Figura 37. Manchas foliares del maíz causada por *Helminthosporium*.

Recuperado de Agritotal, 2020.

A medida que se incrementan las cantidades de inóculo, las lesiones crecen en forma alargada, paralela a la nervadura central, mostrándose desiguales, pudiendo cubrir gran parte de la lámina foliar en las hojas superiores con lesiones necróticas de 3 - 15 cm, que le dan a la planta un aspecto de quemado. Las conidias (esporas asexuales) desarrolladas en las lesiones pueden ser diseminadas por el viento y afectar variedades e híbridos susceptibles. Esta enfermedad es favorecida por

condiciones de alta humedad ambiental y altas temperaturas. Ataques severos antes de la floración pueden reducir drásticamente la productividad del cultivo.

Mancha foliar gris del maíz: *Cercospora* sp.

Es una enfermedad común de zonas altas y frías, y no muy común en el Perú, aparece con mayor frecuencia en la costa, en siembras de invierno, con alta humedad relativa y temperaturas bajas. Su presencia, puede estar también relacionada al uso de híbridos poco estables, y a la siembra de maíz durante todo el año, aunque aún no hay evidencia de que se transmita por semilla. Las lesiones aparecen en todas las hojas de la planta, paralelas a las nervaduras, principalmente en las superiores, y se caracterizan por ser alargadas, de hasta cuatro centímetros, y algo uniformes, creciendo paralelas a las nervaduras (Figura 38). Ataques severos pueden causar senescencia foliar y afectar seriamente el llenado del grano.

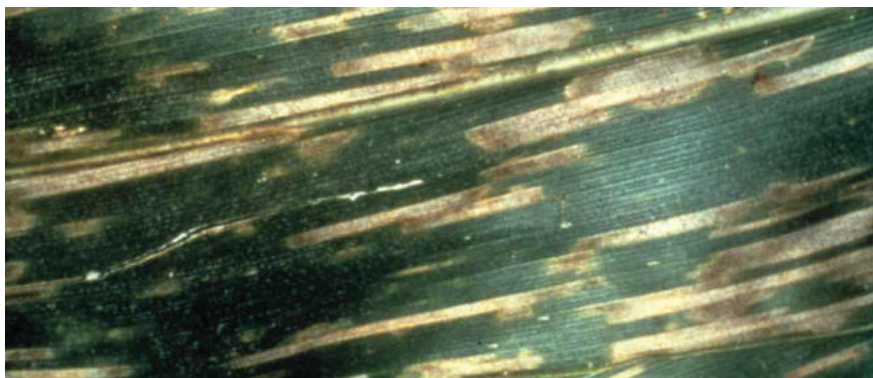


Figura 38. Mancha foliar gris del maíz: *Cercospora* sp.

Recuperado de CIMMYT, 2004.

Roya del maíz: *Puccinia sorghi* Schw. y *Puccinia polysora* Underw.

P. sorghi presenta pústulas elípticas, algo alargadas y algo más grandes que las de *P. polysora*, cuyas pústulas varían de circulares a elípticas, de color rojo amarillento que se tornan a tono marrón oscuro a medida que la planta madura (Figura 39). Es bastante común observar pústulas en las hojas inferiores de las plántulas de híbridos susceptibles. Estos ataques iniciales, suelen desaparecer cuando la planta crece. No se tienen reportes de daños significativos que incidan negativamente en el rendimiento de maíz en la costa.

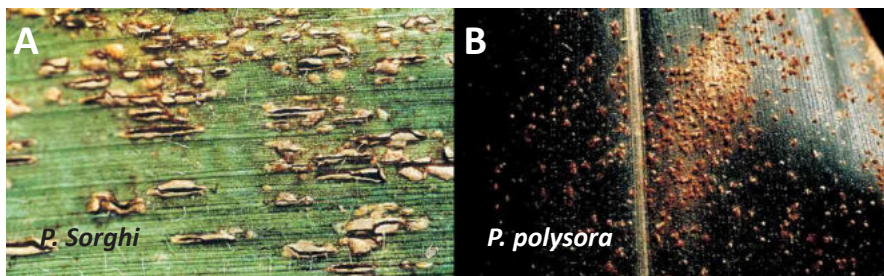


Figura 39. Roya del maíz: *P. Sorghi* (A) y *P. polysora* Underw (B).

Recuperado de CIMMYT, 2004.

Carbón común del maíz: *Ustilago maydis* (DC.).

No es muy común en la costa peruana y suele presentarse aisladamente en los campos, en forma de malformaciones o tumores cubiertos por una membrana de un color cenizo algo brillante, en cuyo interior se encuentran las esporas como una masa negra pulverulenta, que al romperse liberan masas de esporas de color negro que van a infectar las plantas en la siguiente campaña agrícola (Figura 40).

Estas masas se encuentran con mayor frecuencia en las mazorcas, donde forman grandes masas del hongo que reemplazan a los granos. Sin embargo, el carbón del maíz es consumido como parte de los usos y costumbres gastronómicas en algunos países, incluyendo el nuestro.



Figura 40. Carbón común del maíz: *Ustilago maydis* (DC.).

Recuperado de AgroBase, 2014.

Mancha de asfalto: *Phyllachora maydis*.

Esta enfermedad, propia de zonas húmedas con temperaturas medias, se está presentando con mayor frecuencia en la costa, pero sin llegar a constituir un problema grave en la productividad del maíz. Se caracteriza por presentar pústulas de color negro, alrededor de las cuales se forman áreas necróticas que eventualmente pueden unirse afectando gran parte o toda la lámina foliar (Figura 41). La infección generalmente se inicia en las hojas inferiores antes de la floración, pudiendo afectar las hojas superiores en casos de ataques más severos. Una de las consecuencias de esta enfermedad son mazorcas de menor peso y con granos flojos.



Figura 41. Mancha de asfalto: *Phyllachora maydis*.

Recuperado de CIMMYT, 2004.

Complejo del achaparramiento del maíz: *Spiroplasma Kunkelli* (CSS, Corn Stunt Spiroplasma), Fitoplasma (MBSM, Maize Bushy Stunt Mycoplasma) y el virus del rayado fino (MRFV, Maize Rayado Fino Virus) (Figura 42).

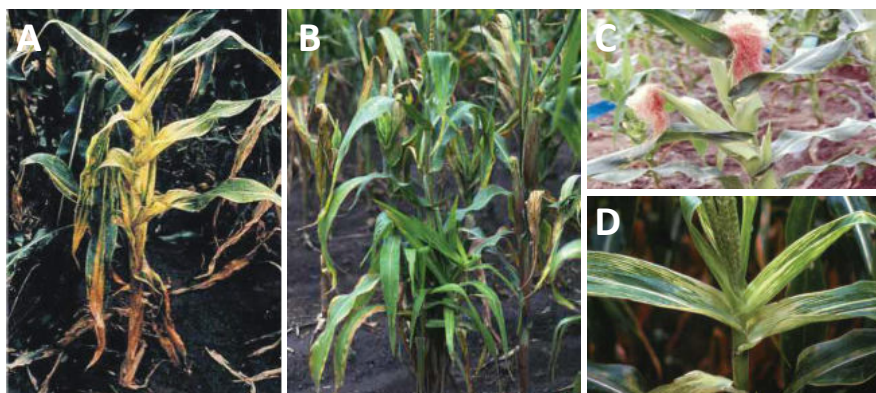


Figura 42. Complejo del achaparramiento del maíz: *S. Kunkelli* (A y B), Fitoplasma (C), virus rayado fino (D).

Recuperado de CIMMYT, 2004.



Vectores: *Dalbulus maydis*, *Peregrinus maydis*

Fue descrito por primera vez en 1956, como una nueva enfermedad del maíz en Río Grande, Valle de Texas. Los daños, se miden contando el número de plantas con síntomas en cada parcela, alrededor de los 75 días.

Se han reportado hasta 18 síntomas del achaparramiento; sin embargo la mayor parte de ellos no permiten distinguir específicamente a cada uno de los componentes del complejo. Los síntomas más conspicuos son: entrenudos cortos, proliferación de mazorcas, manchas y/o rayados estriados cloróticos, coloración púrpura en las hojas, proliferación de raíces basales, bandas rojas a púrpura en las hojas, amarillo clorótico difuso y estriado clorótico con o sin rojo en márgenes de hoja, panojas estériles, mazorcas pequeñas sin grano o ausencia de ellas, etc. Además, un síntoma propio de espiroplasma es la clorosis total de los bordes de la vaina de las hojas, extendiéndose en estrías gruesas a lo largo de ellas, mientras que el fitoplasma causa una coloración rojiza en los bordes de las hojas.

11.4 Manejo Integrado de malezas

Se considera como maleza cualquier especie vegetal diferente o ajena a la variedad o híbrido que se está sembrando. Las malezas compiten con el cultivo por agua, nutrientes y luz, y su control es fundamental para evitar reducciones significativas de la productividad, que pueden superar a las causadas por insectos y patógenos. El daño por malezas no es evidente, como lo es el causado por estos últimos, por lo que su control no es considerado como necesario para muchos agricultores, a pesar de reducir la eficiencia de la fertilización, riego, y entorpecer la cosecha.

El control de malezas, dentro del contexto del manejo integrado del cultivo, se basa en interferir en el desarrollo de las malezas. Al igual que cualquier plaga, es importante conocer los tipos de malezas más comunes, su ciclo de vida, manera de propagación, interacción con insectos y patógenos, etc., para poder combatirlos eficazmente.

La época crítica de competencia de las malezas con el maíz, va desde la emergencia de las plántulas hasta el inicio del crecimiento vegetativo rápido, época en que se diferencian las estructuras productivas del cultivo, determinándose el número de hileras y el número de granos por hilera de las mazorcas. La presencia de malezas compitiendo con el maíz durante ese periodo, puede significar reducciones hasta de 30 % en el rendimiento. Los métodos de control más comunes son el control mecánico y el químico.

El control mecánico, incluye la labranza y el acondicionamiento previo del terreno para la siembra, mediante el uso de maquinaria agrícola: arados, rastras u otros implementos. Una buena preparación del terreno, puede retardar la aparición de las malezas y se considera

mucho más eficiente, en términos económicos, que el control químico. La preparación del terreno con suelo húmedo destruye la maleza presente, hasta ese momento, dando oportunidad al cultivo en sus estados iniciales, a crecer sin mayor competencia. A esta práctica, se debe unir el uso de híbridos capaces de captar rápidamente la mayor cantidad de radiación solar, que impidan el desarrollo de las malezas.

Por otro lado, el control manual, consiste en eliminar las malezas alrededor de las plantas de maíz, utilizando las manos, o cortándolas con machete, azadón, etc., debe ser complementado con una buena preparación del terreno. Sin embargo, el uso de herbicidas selectivos pre y post emergentes se consideran recomendables.

Para el control químico, el herbicida más común es el glifosato (2 - 3 L/ha) con un acidificante para bajar el pH del agua entre 4 - 4.5, que le permite eliminar malezas de hoja ancha y angosta, aplicado antes que estas floreen. Se puede aplicar hasta 3 días después de la siembra de maíz, sin que la emergencia se vea afectada. En caso del control de malezas de hoja ancha, se recomienda también el uso de atrazina, efectivo con malezas de hasta 4 hojas.



12



Cosecha





12. Cosecha

12.1 Estimación del rendimiento antes de la cosecha

El rendimiento, está dado por el número y el peso de granos sanos cosechados por unidad de superficie. Existen diversas maneras de hacer estimaciones de la producción de grano en un campo de maíz. El muestreo del campo, es muy importante para evitar que nuestra estimación sea sesgada; donde el número de muestras dependerá del tamaño y la uniformidad del campo.

Una forma práctica de estimar la producción antes de la cosecha es que cada una de las muestras cubra un área de 10 m². Para esto, se tiene que determinar el largo del surco que equivalga a dicha área, y que esté en función de la distancia entre surcos. Entonces, para una distancia entre surcos de 80 cm, el largo del surco dentro del cual se harán los conteos, será de 12.5 metros lineales. Es decir: largo de surco = 10 m²/0.8 m.

En los 12.5 m se cosechan todas las mazorcas, se desgranan y se pesan. Esto se repite en cada una de las muestras, y se obtiene un promedio de todas ellas. Si no es posible desgranar las mazorcas, se pesan y se multiplica el peso por un factor que varía entre 0.82 - 0.85 (% de desgrane), que significa que, del total del peso de la mazorca, entre el 82 - 85 % es el peso del grano, y el restante 18 - 15 % es el peso de la tusa.

Luego, el peso obtenido se ajusta por su contenido de humedad. Si los granos están lo suficientemente secos, significa que la humedad del grano debe estar muy cercana al 14 %. Lo deseable es contar con un determinador portátil de humedad, lo cual no siempre es posible. En todo caso, es aconsejable hacer dos estimaciones, con dos valores de humedad que podrían ser 14 - 18 %. El factor de humedad, para un contenido de humedad del grano de 14 % es 1.0; si el contenido de humedad es 18 %, el factor de humedad se calcula así:

$$Factor = \frac{100 - \% \text{ de humedad del grano}}{100 - 14} = \frac{100 - 18}{86} = 0.9535$$

Para el cálculo de la producción se tienen entonces los siguientes datos:

PM = Peso promedio de las mazorcas en 12.5 m²

PD = Porcentaje de desgrane: 0.82 (82 %).

CH = Factor de corrección por humedad del grano.

Producción (t/ha) = PM × 0.82 × CH × 1000.

Suponiendo que el peso de las mazorcas cosechadas en 12.5 m², en promedio de todas las muestras tomadas, sea de 12 kg, entonces la producción estimada será:

- Con 14 % de humedad.
- Producción = $12.0 \times 0.82 \times 1 = 9.84$ t/ha.
- Con 18 % de humedad.
- Producción = $12.0 \times 0.82 \times 0.9535 = 9.38$ t/ha.

12. 2 Momento de cosecha

Una vez producida la fertilización e iniciado los procesos de diferenciación, la humedad del grano en formación es muy alta, alcanzando hasta el 85 % en el momento en que el embrión ya es completamente viable, lo que sucede entre 15 - 20 días después de la fertilización. A partir de allí se inicia una etapa de rápida acumulación de materia seca, al mismo tiempo que la humedad comienza a reducirse. Este proceso continúa hasta la formación de la “capa negra”, que marca el término de la traslocación de materia seca de la planta al grano. A partir de ese momento, la humedad del grano que está entre 30 – 35 %, comienza a disminuir tratando de encontrar equilibrio con la humedad atmosférica. Los días nublados con alta humedad en el ambiente retardan la pérdida de humedad del grano, creando además ambientes favorables para el desarrollo de hongos que van a malograr la calidad del grano, pudriéndolos, y causando pérdidas económicas significativas al productor.

Técnicamente, el grano de maíz está listo para ser cosechado una vez que se haya formado la “capa negra” (Figura 43). En el Perú, el agricultor relaciona la madurez de cosecha con el aspecto de marchitez de la planta, es decir, cuán seca está la planta para decidir el inicio de la cosecha de su campo. En Lambayeque, es común cortar la planta y dejarla acomodada en el terreno hasta que se seque y facilite la labor de despanque; en condiciones de baja humedad ambiental los problemas de pudrición no son significativos. Una vez despancado, las mazorcas son trasladadas y tendidas para que terminen de secarse, o si están lo suficientemente secas, son desgranadas utilizando máquinas desgranadoras. Para esto, el contenido de humedad del grano debe estar cercano al 14 % de su peso total, y hacer más efectivo el desgrane. La cosecha y trilla empleando maquinaria agrícola debe realizarse cuando la humedad del grano sea menor a 16 % para facilitar el desgrane y evitar rupturas del grano, siendo lo recomendable un rango entre 14 - 16 %.



Figura 43. Granos de maíz mostrando la “capa negra”.



12.3 Análisis del rendimiento

Los bajos rendimientos en la cosecha, están ligados a diversos factores como el número de plantas cosechadas, el número de plantas que produjeron mazorcas, y las características de las mazorcas cosechadas, es decir, si las mazorcas fueron normales o no. El análisis de las mazorcas cosechadas puede dar indicios coherentes de lo que pudo suceder si la cosecha no fuera buena (Tabla 16).

Tabla 16

Síntomas presentes en las mazorcas de maíz y sus posibles causas

Síntoma	Causas posibles
Mazorcas normales, con granos aislados	Alta densidad, falta de agua durante la floración, enfermedades virósicas
	Fallas en la polinización
	Daños de estigmas por insectos
	Poco polen por exceso de calor o sequía
Mazorcas normales, sin granos	Híbrido no adecuado, falta de sincronización
	Mucho retraso en emergencia de estigmas
Mazorcas normales sin llenar en parte superior	Híbrido no adecuado
	Falta de sincronización, se acabó el polen antes del final de floración
Mazorcas normales sin llenar en parte superior	Híbrido no adecuado
	Falta de sincronización, plantas muy tardías
Mazorcas pequeñas con punta doblada. Hileras irregulares	Posible deficiencia de fósforo
Puntas sin grano	
Mazorcas de tamaño casi normal, delgadas y sueltas	Posible deficiencia de potasi.
Puntas sin grano	
Mazorcas con punta oscura sin granos	Pobre cobertura de mazorca
	Híbrido no adecuado
Mazorcas podridas en la punta	Enfermedades: <i>Diplodia sp.</i> <i>Giberella sp.</i> <i>Fusarium sp.</i>
	Híbrido no adecuado
Pancas deshilachadas	Daño de pájaros
Granos comidos en la punta	
Pancas y granos de la punta comidos	Daños de roedores

12.4 Factores limitantes del cultivo según el estado de desarrollo

A través de su ciclo de vida, la planta de maíz enfrenta una serie de circunstancias que pueden ser negativas para su desarrollo y limitar su capacidad productiva. Condiciones de humedad inadecuada y mala preparación del terreno, retrasan las primeras etapas de desarrollo exponiendo a la plántula a diversos factores negativos. En la germinación, la plántula emergente, en su camino hacia la superficie, tiene que abrirse paso a través de los agregados del suelo que, si está mal preparado, puede impedir su total emergencia. Al mismo tiempo, la plántula está expuesta al ataque de gusanos cortadores, los cuales constituyen una amenaza muy seria que, si no se controlan adecuadamente, puede reducir significativamente la población de plantas. En sus primeros estados de crecimiento, no se debe permitir que la plántula esté en desventaja con las malezas que compiten por luz, agua y nutrientes, por lo tanto, hay que eliminarlas, tarea que se inicia con una buena preparación del terreno y la siembra con humedad suficiente. Durante la etapa de crecimiento rápido, el tallo empieza a largarse debido a la elongación o aumento de tamaño de las células de los entrenudos, debe asegurarse un suministro adecuado de nitrógeno principalmente y controlar el ataque de cogollero (Figura 44).

Otro de los aspectos fundamentales es la fertilidad del suelo, que debe ser equilibrada en términos de las condiciones fisicoquímicas y de los macro y micronutrientes que deben estar presentes en cantidades adecuadas y disponibles oportunamente. Esto es particularmente importante, en la etapa de crecimiento rápido de la planta y en el periodo pre y post-floración. Entre los 20 - 15 días antes de la floración y 15 - 20 días después, la planta de maíz está definiendo el número de granos (óvulos) y la formación de los granos de polen, y luego, después de la fertilización, el grano de maíz inicia una etapa de rápida acumulación de materia seca. En este periodo, la planta debe tener suficiente agua y nutrientes para lograr que las mazorcas se llenen con el mayor número de granos bien formados y de buen peso (Tabla 17).

En las fases finales de maduración del grano, no se requiere regar más el cultivo, siendo el principal peligro que enfrenta es el ataque de pájaros y roedores. En zonas con mayor humedad ambiental, hay que observar ataques de insectos a la mazorca. En esta etapa final del cultivo, la temperatura es el factor agroclimático más importante, sin embargo, para la costa el resto de las condiciones ambientales no representan mayor peligro.



Tabla 17

Factores que limitan la producción del cultivo en los diferentes estados de desarrollo de la planta de maíz

Semilla de no certificada: fallas en germinación y emergencia	Presencia de malezas	Insectos picadores, cogollero	Falta de nutrientes	Sequía	Sequía	Predadores: pájaros, roedores
Gusanos cortadores: muerte de plántulas	Competencia por nutrientes	Aplicación de insecticidas destruyen fauna benéfica	Sombreamiento por árboles cercanos, competencia por luz en poblaciones de alta densidad	Falta de agua reduce drásticamente rendimiento	Fallas en traslocación de fotosintatos	Pudrición de mazorca: <i>Fusarium</i>
Pájaros escarban semilla	Competencia por luz: tamaño de malezas supera al maíz			Chinches en panoja y hojas superiores.	Insectos: mazorquero y mosca de la mazorca	Pudrición por hongos
Exceso o falta de humedad			Sequía			Exceso de humedad

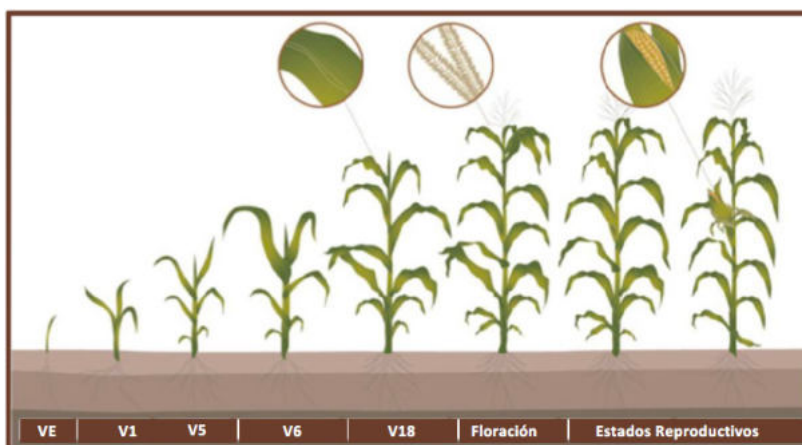


Figura 44. Estados reproductivos de la planta de maíz.

12.5 Postcosecha: secado y almacenamiento

Debido a que el maíz amarillo duro es destinado casi en su totalidad a la industria avícola y porcícola, el productor maicero suele vender su maíz tan pronto es cosechado. La trilla o desgrane de mazorcas debe hacerse cuando la humedad de grano esté por debajo de 16 % para evitar daños a los granos. Si el despanque se hace con alta humedad, las mazorcas deben ser “tendidas” inmediatamente para que pierdan humedad y evitar el aumento de temperatura, o calentamiento, que suele ocurrir por la falta de disipación del calor que se produce por la respiración celular, y que puede originar aumentos de hasta 5 °C o más de temperatura. Este calentamiento, es suficiente para crear un ambiente propicio para la proliferación de hongos, principalmente *Aspergillus* sp., que producen micotoxinas, entre ellas las Aflatoxinas, sustancias tóxicas que se producen en los granos de maíz y que tienen un potencial de toxicidad muy elevado, inclusive para los seres humanos. *Aspergillus* prospera en un gran número de especies de cereales, leguminosas y árboles con frutos secos comestibles.

En circunstancias de alta humedad o de lluvia antes de la cosecha, cuando el grano está en madurez fisiológica, una práctica no común en la costa, pero que podría serlo como consecuencia de los cambios de los patrones climáticos producto del calentamiento global, es doblar el tallo por debajo del nudo en que nace la primera mazorca. De esta forma, se evita que entre agua a la mazorca, previniendo su pudrición y daños por pájaros. Esta práctica puede realizarse, según las circunstancias, antes de la madurez fisiológica.

El tiempo que permanecen las plantas de maíz cortadas y tendidas en el campo, esperando el despanque, debe ser el necesario para evitar daños por ataque de insectos, hongos, pájaros, roedores, etc., que puede incidir negativamente en el rendimiento y calidad del grano cosechado.

Para almacenar semilla propia, cuando se trata de variedades de polinización libre, se deben eliminar todas las mazorcas que tengan grano podrido. Una vez trilladas, el grano tiene que limpiarse para eliminar partículas o elementos extraños. Es recomendable guardar la semilla en envases metálicos cerrados que eviten el ingreso de humedad y de aire, elementos que crean condiciones favorables para el deterioro fisiológico de la semilla. La semilla antes de ser almacenada, tiene que estar bien seca, con una humedad de alrededor de 12 % y protegida con productos químicos en polvo que prevengan y controlen el ataque de insectos, principalmente de gorgojos y polillas.



10



Costos de producción y rentabilidad





13. Costos de producción y rentabilidad

El costo de producción de una hectárea de maíz amarillo duro, varía acorde al tipo de tecnología que se aplique. El uso de híbridos implica un mayor costo de la semilla en comparación con el uso de variedades de polinización libre. Asimismo, los híbridos requieren de niveles más altos de fertilizantes para expresar su mayor potencial productivo. El empleo de maquinaria agrícola versus el uso de tracción animal para labores de labranza, marca también importantes diferencias en costo. Se deben direccionar los esfuerzos a lograr mejores rendimientos, sin importar la tecnología empleada, de manera que una vez vendida la producción, el monto de dinero obtenido supere al dinero invertido para lograr tal producción, es decir, que haya ganancia.

Por otro lado, la rentabilidad es la ganancia que da el capital invertido y se expresa en porcentaje. Para el cálculo de rentabilidad por hectárea se necesita, primero, calcular los costos directos y los costos indirectos para establecer el Costo Total de Producción, producto de la suma de ambos. Luego hay que calcular los ingresos obtenidos por la venta del maíz cosechado por hectárea, y a ese total hay que restarle el costo total de producción y los gastos financieros, si los hubiese. El resultado es la ganancia o utilidad por hectárea. Finalmente, la rentabilidad se obtiene calculando qué porcentaje representa la utilidad, con respecto al costo total de producción.

Es muy importante tener en cuenta que la mayor productividad, es decir, la obtención de mayores rendimientos por hectárea no significa necesariamente una mejor rentabilidad. Para graficar esto, consideremos como ejemplo dos casos tal como se observa en la Tabla 18. En el caso A, con un costo de producción de 7 000 soles se obtiene un rendimiento de 10 t/ha lo que genera una utilidad de 3 000 soles, lo que representa una rentabilidad de 42.8 %. En el caso B, una producción de 8.5 t/ha da una utilidad similar de 3 000 soles, sin embargo, la rentabilidad es 54.5 %.

Para el cálculo de los costos de producción, se tiene que registrar todos los gastos incurridos en la compra de insumos, alquiler de maquinaria, equipo de labranza, y mano de obra, tal como se muestra en el Tabla 19. Si el campo de producción es alquilado, entonces ese gasto se debe considerar como un ítem más en costos indirectos. Por ejemplo, si el costo total de producción (CP) fuese 6 500 soles, y si la productividad fue de 10 t/ha de grano, la venta del producto a un sol el kilogramo representaría 10 000 soles; por lo tanto, la utilidad (U) sería 3 500 soles. Entonces la rentabilidad (R) representa la utilidad en relación con el costo total de producción, que para este caso hipotético sería 54 %, esto es, que la utilidad (3 500 soles), es el 54 % del costo total de producción (6 500 soles). Otra forma de expresar la rentabilidad, es decir, que por cada sol invertido, se ganó 54 centavos.

**Tabla 18**

Comparación de rentabilidad del cultivo en dos casos (ejemplo)

Descripción	Caso A	Caso B
Rendimiento	10 000 kg/ha	8 500 kg/ha
Precio esperado	1.0 soles/kg	1.0 soles/kg
Ingreso estimado (IE)	10 000 soles	8500 soles
Costo de producción (CP)	7 000 soles	5500 soles
Utilidad (U)	3 000 soles	3000 soles
Rentabilidad (R = U/CP)	42.8 %	54.5 %



Tabla 19

Formato para establecer costos de producción y rentabilidad

COSTOS DIRECTOS	Unidad de medida	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1. Insumos				
1.1 Semilla	bolsa			
1.2 Fertilizantes	bolsa			
1.3 Insecticidas	bolsa/kg/l/tarro			
2. Maquinaria agrícola y equipo				
2.1 Preparación de terreno				
Aradura, rastra, cruza y surca	horas			
Aradura en seco (T rueda 110HP)	horas			
Grado y cruza (húmedo)	horas			
Surcado	horas			
Aporque				
2.2 Trilla	horas/fanegas			
3. Mano de obra				
3.1 Preparación de terreno				
Matada, junta y quema	jornal			
Limpia de acequias y tomeo	jornal			
Riego de machaco	jornal			
Bordeadura	jornal			
3.2 Labores culturales				
Siembra	jornal			
Desahije	jornal			
1er. Abonamiento	jornal			
2do. Abonamiento	jornal			
3er. Abonamiento	jornal			
Aporque	jornal			
Control fitosanitario	jornal			
Riegos	jornal			
3.3 Cosecha				
Arranque/corte	jornal			
Despanque	jornal			
Llenado sacos/carguio	jornal			
Trilla (desgranado)	jornal			
4. Agua				
Agua	m ³			
Combustible para motobomba	galones			
5. Otros gastos				
Flete fertilizantes	sacos 50 kg			
Flete cosecha	toneladas			
Total Costos Directos (1+2+3+4+5)				
COSTOS INDIRECTOS				
1. Asistencia técnica	2 %			
2. Gastos administrativos	3 %			
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN (S./)				
Rendimiento	kg/ha			
Precio esperado	S/			
Ingreso estimado	S/			
Costos de producción	S/			
Utilidad antes de gastos financieros	S/			
Gastos financieros	9%			
Utilidad (después de gastos financieros)	S/			
RENTABILIDAD	%			



14. Referencias

- Agencia Agraria de Noticias. (2020). *Exportaciones de maíz morado se duplicaron en 2018*. Recuperado de <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-maiz-morado-se-duplicaron-en-2018-18211>
- Agencia Agraria de Noticias. (2019). *Minagri presentó primer maíz Chullpi Sara con certificación internacional*. Recuperado de <https://agraria.pe/noticias/minagri-presento-primer-maiz-chullpi-sara-con-certificacion--20324>
- AgroAldía (2012). Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva de Maíz amiláceo. *Ministerio de Agricultura, Dirección General de Competitividad Agraria*. Recuperado de <http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomiamazamilaceo.pdf>
- AgriTotal. (2018). *Foliares en maíz, manejo*. Recuperado de <https://www.agritotal.com/nota/manejo-de-enfermedades-foliares-en-maiz/>
- AgroBase. (2020). *Carbón del maíz*. Recuperado de <https://agrobasesapp.com/mexico/disease/carbon-del-maiz-2>
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo –CIMMYT. *Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. Programa de Maíz del CIMMYT*. Recuperado de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/812/94349.pdf>
- Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas –DGESEP. (2018). *Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2018. Ministerio de Agricultura y Riego –MINAGRI*. Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/resumen-ejecutivo-enis2018-rev18jul18.pdf>
- Entomología Agrícola. (2015). *Barrenador del tallo en el cultivo de arroz (Diatraea saccharalis)*. Recuperado de http://entomologyagric.blogspot.com/2015/09/normal-0-21-false-false-false-es-ec-x_6.html
- FAOSTAT. (2018). *Cultivos*. Recuperado de <http://www.fao.org/faostat/es/#data>
- FAO, 2001. *El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/x7650s08.htm>
- Foreign Agricultural Service. (2020). *World Agricultural Production. United States Department of Agriculture*.

- Frutas y verduras. (2020). *Maíz reventón*. Recuperado de <https://frutasyverduras.info/wp-content/uploads/2019/04/maiz-reventon.jpg>
- GardenSeedsMarket. (2020). *Maíz dulce - Tasty Sweet F1 - 30 semillas - Zea mays convar. saccharata var. Rugosa*. Recuperado de <https://gardenseedsmarket.com/maiz-dulce-tasty-sweet-f1.html>
- GeoChemBio. (2020). *Zea mays (maize)*. Recuperado de <https://www.geochembio.com/biology/organisms/maize/>
- Halley, P. J. & Avérous, Lu. (2014). *Starch Polymers: From Genetic engineering to Green applications*. USA: Elsevier
- INTAinforma. (2020). *Pautas para controlar el gusano cogollero en maíz y sorgo*. Recuperado de <https://intainforma.inta.gob.ar/pautas-para-controlar-el-gusano-cogollero-en-maiz-y-sorgo/>
- Iowa State University. (2020). *Choosing corn hybrids*. Recuperado de <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/choosing-corn-hybrids>
- Kiesselbach, T.A. (1949). The Structure and Reproduction of Com. *Research bulletin: Bulletin of the Agricultural Experiment Station of Nebraska 161*.
- Lertrat, K., y Pulam, T. (2007). Breeding for Increased Sweetness in Sweet Corn. *International Journal of Plant Breeding 1*(1), 27-30.
- PopCornAustralia. (2020). *Types of Corn*. Recuperado de <https://popcorn.com.au/types-of-corn/>
- Pinedo. (2015). *Niveles de Fertilización en dos variedades de maíz morado (Zea Mayz L.) en La localidad de Canaánayacucho* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Prasanna, B., Vasal, S., Bantte, K., Singh, N. (2001). Quality Protein Maize. *Curr. Sci.* 81: 25-1001.
- Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112.
- Sánchez. (2014). Maíz I (*Zea mays*). Reduca (Biología). *Serie Botánica*. 7 (2): 151-171, 2014.
- Sangermán-Jarquín, D.M., O-Olán, M, Gámez-Vasquez, A., Navarro-Bravo, A., Ávila-Perches, M.A., Rindermann, R. (2018). Ethnography and prevalence of native maize in San Juan Ixtenco, Tlaxcala, with emphasis in pod corn (*Zea may* var. Tunicada A. St. Hil.). *Revista Fitotecnia Mexicana 41*: 451-549



- SeedsGallery. (2020). *Semillas de Maíz Tunicado*. Recuperado de <https://www.seeds-gallery.shop/es/inicio/semillas-de-maiz-tunicado-zea-mays-tunicata.html>
- Sistema Integrado de Estadística Agraria-SIEA. (2020). Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2019. *Ministerio de Agricultura y Riego –MINAGRI*. Recuperado de http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/Libro%20Resultado%20ENIS%202019-2020_260719.pdf
- Sistema Integrado de Estadística Agraria –SIEA. (2018). *Boletín de Maíz Amarillo duro*. Recuperado de <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=2018-bolet%C3%ADn-de-ma%C3%ADz-amarillo-duro>
- United States Department of Agriculture. (2020). *USDA, FAS Grain: Worldmarkets and Trade*. Recuperado de <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-corn-coarsegrains.pdf>
- University of Wisconsin – US Department of Agriculture. (1998). *Nutrient Management*. Practices for Wisconsin Corn Production and Water Quality Protection.
- Walden, D. B. (1978). *Maize breedings and genetics*. USA: Wiley-Interscience publication.







Anexo





Anexo 1

Tabla 1

Kilogramos por hectárea de fuente de fertilizante, según dosis

Nivel	Urea	Nitrato de amonio	Nitrato de amonio cálcico			Sulfato de amonio		Fosfato de amonio		Fosfato di amonio		Superfosfato simple de calcio		Superfosfato triple de calcio	
	N	N	N	Ca	Mg	N	S	N	P	N	P	P	Ca	P	Ca
40	89	119	148	9	6	190	46	364	175	222	102	200	36	87	16
50	111	149	185	11	7	238	57	455	218	278	128	250	45	109	20
60	133	179	222	13	9	286	69	545	262	333	153	300	54	130	23
70	156	209	259	16	10	333	80	636	305	389	179	350	63	152	27
80	178	239	296	18	12	381	91	727	349	444	204	400	72	174	31
90	200	269	333	20	13	429	103	818	393	500	230	450	81	196	35
100	222	299	370	22	15	476	114	909	436	556	256	500	90	217	39
110	244	328	407	24	16	524	126	1000	480	611	281	550	99	239	43
120	267	358	444	27	18	571	137	1091	524	667	307	600	108	261	47
130	289	388	481	29	19	619	149	1182	567	722	332	650	117	283	51
140	311	418	519	31	21	667	160	1273	611	778	358	700	126	304	55
150	333	448	556	33	22	714	171	1364	655	833	383	750	135	326	59
160	356	478	593	36	24	762	183	1455	698	889	409	800	144	348	63
170	378	507	630	38	25	810	194	1545	742	944	434	850	153	370	67
180	400	537	667	40	27	857	206	1636	785	1000	460	900	162	391	70
190	422	567	704	42	28	905	217	1727	829	1056	486	950	171	413	74
200	444	597	741	44	30	952	229	1818	873	1111	511	1000	180	435	78
210	467	627	778	47	31	1000	240	1909	916	1167	537	1050	189	457	82
220	489	657	815	49	33	1048	251	2000	960	1222	562	1100	198	478	86
230	511	687	852	51	34	1095	263	2091	1004	1278	588	1150	207	500	90
240	533	716	889	53	36	1143	274	2182	1047	1333	613	1200	216	522	94
250	556	746	926	56	37	1190	286	2273	1091	1389	639	1250	225	543	98
260	578	776	963	58	39	1238	297	2364	1135	1444	664	1300	234	565	102
270	600	806	1000	60	40	1286	309	2455	1178	1500	690	1350	243	587	106
280	622	836	1037	62	41	1333	320	2545	1222	1556	716	1400	252	609	110
290	644	866	1074	64	43	1381	331	2636	1265	1611	741	1450	261	630	113
300	667	896	1111	67	44	1429	343	2727	1309	1667	767	1500	270	652	117
310	689	925	1148	69	46	1476	354	2818	1353	1722	792	1550	279	674	121



Nivel	Cloruro de potasio		Sulfato de potasio	Nitrato de potasio		SulpoMag			Guano de isla		
	K	K	S	N	K	K	Mg	S	N	P	K
40	67	73	13	308	135	182	33	40	400	40	8
50	83	91	16	385	169	227	41	50	500	50	10
60	100	109	20	462	203	273	49	60	600	60	12
70	117	127	23	538	237	318	57	70	700	70	14
80	133	145	26	615	271	364	65	80	800	80	16
90	150	164	29	692	305	409	74	90	900	90	18
100	167	182	33	769	338	455	82	100	1000	100	20
110	183	200	36	846	372	500	90	110	1100	110	22
120	200	218	39	923	406	545	98	120	1200	120	24
130	217	236	43	1000	440	591	106	130	1300	130	26
140	233	255	46	1077	474	636	115	140	1400	140	28
150	250	273	49	1154	508	682	123	150	1500	150	30
160	267	291	52	1231	542	727	131	160	1600	160	32
170	283	309	56	1308	575	773	139	170	1700	170	34
180	300	327	59	1385	609	818	147	180	1800	180	36
190	317	345	62	1462	643	864	155	190	1900	190	38
200	333	364	65	1538	677	909	164	200	2000	200	40
210	350	382	69	1615	711	955	172	210	2100	210	42
220	367	400	72	1692	745	1000	180	220	2200	220	44
230	383	418	75	1769	778	1045	188	230	2300	230	46
240	400	436	79	1846	812	1091	196	240	2400	240	48
250	417	455	82	1923	846	1136	205	250	2500	250	50
260	433	473	85	2000	880	1182	213	260	2600	260	52
270	450	491	88	2077	914	1227	221	270	2700	270	54
280	467	509	92	2154	948	1273	229	280	2800	280	56
290	483	527	95	2231	982	1318	237	290	2900	290	58
300	500	545	98	2308	1015	1364	245	300	3000	300	60
310	517	564	101	2385	1049	1409	254	310	3100	310	62



Instituto Nacional de Innovación Agraria







Instituto Nacional de Innovación Agraria

Av. La Molina 1981, La Molina
(51 1) 240-2100 / 240-2350
www.inia.gob.pe



Ministerio
de Agricultura y Riego

ISBN: 978-9972-44-051-9



9 789972 440519