

Tecnologías disponibles para incrementar la producción de maíz en Perú

Luis A. Narro León¹, Alexander Chávez Cabrera^{2*}, Teófilo W. Jara Calvo², Teodoro P. Narro León², Alicia E. Medina Hoyos², Isaac Cieza Ruiz², Percy Díaz Chuquisuta², Roberto Alvarado Rodríguez², Fernando Escobal Valencia²

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

² Instituto Nacional de Innovación Agraria, Lima Perú

* Autor para Correspondencia / Corresponding Author, e-mail: achavezcab@yahoo.com

Technologies available to increase corn production in Perú

Resumen

La superficie de maíz sembrada en Perú es de 500 000 ha, de esta, aproximadamente el 50 % es de maíz amarillo duro (MAD) y el otro 50% de maíz amiláceo (MAM) o andino (MAN). El MAD es utilizado por la industria de alimentos para animales y el MAN para consumo humano. La superficie media sembrada por los agricultores es inferior a 1,5 ha en ambos casos. La producción de maíz se ha incrementado en los últimos 60 años, sin embargo, no se ha satisfecho la demanda de MAD, que se cubre con la importación de más de 3 millones de toneladas de maíz por año, por un valor de mil millones de dólares. Entre tanto, existe un 5% de excedente de MAN para exportación. Las importaciones de MAD superan el 70% de la demanda, lo que significa un problema para la seguridad alimentaria nacional; por otro lado, hay más de 500 000 unidades agrícolas sembradas con maíz y, por lo tanto, necesitan ser incluidas en las políticas de desarrollo del país para que los agricultores mejoren sus medios de vida. Una forma de incrementar los ingresos de los agricultores que siembran MAN, es la vinculación al mercado nacional e internacional con el fin de incrementar la demanda mediante la producción de productos transformados a base de maíz como materia prima, el incremento en las exportaciones de maíz morado en los últimos años es un buen indicador. Para MAD se necesita una estrategia que incluya a todos los miembros de la cadena del maíz, públicos y privados, con el objetivo de aumentar la producción de maíz de acuerdo con los requisitos nacionales, regionales y locales. En ambos casos, las tecnologías adecuadas y las políticas gubernamentales son fundamentales para aumentar la productividad y la rentabilidad del maíz. Se debe desarrollar una estrategia de capacitación para el éxito del plan peruano de maíz destinado a aumentar la producción de maíz.

Palabras clave: Productividad, fitomejoramiento, maíz andino, maíz amarillo duro.

Abstract

The maize area planted in Peru is 500,000 ha, of this, approximately 50% of each one, hard yellow maize (MAD) and Andean maize (MAN); MAD is used by the animal feed industry and the MAN for human consumption. The average area planted by farmers



Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0



Editado por /
Edited by:
Gabriela Albán

Recibido /
Received:
12/07/2021

Aceptado /
Accepted:
02/03/2022

Publicado en línea /
Published online:
16/05/2022



is less than 1.5 ha in both cases. Maize production has been increased in the last 60 years however the demand has not been satisfied for MAD, which has been covered by importing more than 3 million tons of corn per year, worth one billion dollars. Meanwhile, exist a 5% surplus of MAN for export. MAD imports is higher than 70% of the demand, which means a problem for national food security; on the other hand, there are more than 500,000 farming units that are planting maize and therefore need to be included in country development policies to improve their livelihoods. A way to increase income for farmers planting MAN is linking to the national and international market in order to increase the demand by producing transformed products based on corn as raw material, the increase in purple corn exports in recent years is a good indicator. For MAD a strategy to increase maize production is needed that may include all public and private members of the maize chain aimed to increase maize production according with national, regional, and local requirements. In both cases, suitable technologies and government policies are essential to increase maize productivity and profitability. A training strategy must be developed for succeeding the maize Peruvian plan aimed to increase maize production.

Keywords: Andean corn, maize, plant breeding, productivity.

INTRODUCCIÓN

La investigación de maíz en el Perú se inició a principios de la década de 1930 con pruebas agronómicas realizadas por la Estación Experimental Agrícola La Molina – EEALM [1]. Los trabajos en mejoramiento de maíz realizados por la EEALM, tuvieron como meta el desarrollo de híbridos simples y dobles de maíz amarillo duro (MAD), utilizando líneas con alto grado de homocigosis ($> S_e$) [2,3]. En 1938, se inician en la EEALM los primeros trabajos de autofecundación de 38 variedades procedentes de valles maiceros peruanos, con la finalidad de obtener híbridos de rendimiento superior al de las variedades existentes [2]. En 1942 se dispuso de 48 líneas autofecundadas que se utilizó para formar topcrosses, utilizando a la variedad Arizona como probador (cruzamiento de cada línea por el probador). En la evaluación de topcrosses, 6 de éstos tuvieron un rendimiento entre 113 y 139% más que la variedad testigo ‘amarillo corriente’. En 1943 se formó híbridos simples con las 6 mejores líneas seleccionadas de la evaluación de topcrosses y se evaluó estos híbridos utilizando la variedad Colombiano Fumagalli como testigo; los resultados mostraron que dos híbridos rindieron 6.6 t/ha (32% superior al testigo). Estos 2 híbridos fueron nominados como LM # 1 y LM # 2. El híbrido LM # 2 fue distribuido a los agricultores a partir de 1949. Ensayos realizados en 1949 mostraron que un nuevo híbrido, LM # 3, tenía mayor potencial de rendimiento que LM # 2 [4].

En la misma década de 1940, a través de la Estación Experimental Tingo María de la Dirección de Colonización del Ministerio de Agricultura [5], se importó las variedades de maíz PD (MS4), PD (MS6), PD (MS9) que fueron difundidas ampliamente en la Selva peruana; estas variedades posteriormente dieron origen a la variedad Cubano Amarillo. Otras variedades importantes en esa época fueron Colombiano Fumagalli, Amarillo La Molina o Amarillo Diminich; esta última típica de la raza Perla [6]. En el año 1953 se crea



el Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM) con base en un convenio entre la Escuela Nacional de Agricultura y el Programa Cooperativo de Investigación Agropecuaria (PCA). El PCIM nació con la visión de incrementar la productividad del maíz en cada una de las regiones del Perú [7]. Una de sus metas fue formar una masa crítica con jóvenes profesionales capaces de solucionar los problemas de la investigación agrícola, trabajando en equipo en un programa específico de investigación por objetivos [6]. El PCIM determinó el grupo heterótico Cuba x Perla como la combinación híbrida de mayor rendimiento y heterosis para la costa peruana. Perla es una raza local de Perú y Cuba es germoplasma de origen cubano [8]. Se liberó híbridos comerciales de MAD que fueron sembrados en gran parte de la costa peruana. Se debe destacar el establecimiento del Banco de Germoplasma de Maíz en la Universidad Nacional Agraria, que incluye 3 931 accesiones [9] agrupadas en 52 razas [7,9,10,11,12].

La creación de la Asociación de Productores de Semilla Certificada de Maíz (APOSECEM), fue impulsada por el PCIM como una institución público privada, y a través de esta entidad se produjo semilla para cubrir gran parte de la superficie sembrada con maíz en la costa peruana particularmente en la década de 1970; en 1974 el 94% del área sembrada en la costa fue con híbridos liberados por el PCIM [13].

El Programa Nacional de Maíz (PNM) del Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA) fue creado el año 1983 como un esfuerzo integrado de investigación, promoción y capacitación en maíz con la finalidad de incrementar la producción de MAD en la selva, valles interandinos bajos y costa norte; y en MAN generar nueva tecnología y transferir la tecnología existente, [14]. La liberación de la variedad Marginal 28 Tropical en 1985 y de híbridos de MAD para la costa en los años 2000 fue un paso importante para el incremento de la producción de maíz. Desafortunadamente, la producción de semilla sigue siendo un cuello de botella importante para la difusión de semilla mejorada. Tanto el PCIM como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) han generado tecnologías para MAN de la zona andina alta de Perú. Se ha estudiado las colecciones nativas o locales, se han desarrollado compuestos raciales y variedades comerciales, se han desarrollado tecnologías agronómicas para el incremento de la productividad.

EL MAÍZ EN EL PERÚ

Superficie

El maíz es el cultivo de mayor superficie sembrado en el Perú, con 450 000 ha actualmente; de éstas, cerca del 60% corresponde a MAD. Para 1961, la superficie sembrada con maíz fue de 253 000 ha; es decir en 60 años ésta casi se ha duplicado. La superficie sembrada con MAD ha tenido un crecimiento significativo ya que pasó de 90 000 ha en 1961 a 236 000 ha en 2020; en el caso de MAN el crecimiento ha sido modesto, pasando de 164 000 a 198 000 ha para el mismo período de tiempo. Se puede concluir que el área sembrada con maíz ha tenido un incremento significativo en los últimos 60 años, principalmente por el incremento de superficie de MAD. Actualmente, la superficie sembrada con MAD es mayor que la superficie sembrada con MAN (Fig. 1). El maíz en el Perú es un cultivo de agricultura familiar ya que para el caso de MAD se tiene 198 563 unidades agropecuarias que siembran



maíz con un promedio de superficie por unidad agropecuaria de 1.3 ha. Para el caso de MAN la superficie sembrada por agricultor es aún menor; por lo tanto, la tecnología y decisiones de política para el maíz deben estar enmarcadas en estas consideraciones.

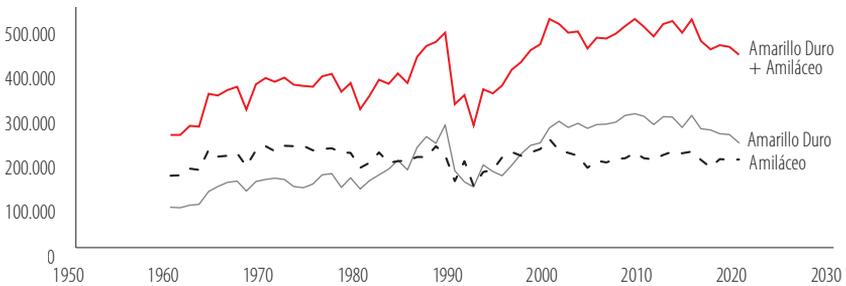


FIGURA 1. Superficie sembrada con maíz en el Perú (ha)

El MAD se cultiva principalmente en la costa y la selva del país, donde las condiciones de clima y suelo son muy diferentes. La costa mayormente presenta un clima cálido o templado, con bajas precipitaciones. En los valles irrigados, donde se siembra MAD, predominan los suelos fértiles de alta calidad por los sedimentos minerales depositados por los 53 ríos que bajan de la sierra. Las temperaturas mensuales máximas se dan en febrero (entre 24 °C y 33 °C) y las mínimas en julio (entre 15 °C y 18 °C).

La selva se puede dividir en selva alta o ceja de selva (entre 500 y 2200 m s. n. m.), con clima subtropical y templado, y temperatura que fluctúa entre 22 °C y 26 °C, con abundantes lluvias (2600 a 4000 mm/año); y selva baja (debajo de 500 m s. n. m.) con temperaturas de 35 °C y lluvias superiores a 1000 mm/año. La selva alta posee un relieve escarpado con algunos valles donde se siembra MAD. Es una zona con fuerte meteorización o descomposición del material parental y de reacción ácida. Predominan los suelos arcillosos profundos, de tonalidad amarilla y rojiza, ácidos y de buen drenaje. En la selva baja predominan los suelos ácidos de baja fertilidad; en esta zona el MAD se produce en restingas y suelos de altura en condiciones de secano favorecido (bajo temporal). La producción en restinga tiene ventajas comparativas sobre la producción en suelos de altura, principalmente, por su mayor fertilidad natural, [17,18].

El MAN, aunque puede ser cultivado hasta los 3 800 m de altura, predomina en la Región Quechua, una de las 8 regiones naturales en las que se divide el territorio peruano, y que se ubica entre 2300 y 3500 m s. n. m. a ambos lados de los Andes peruanos, con clima templado y temperatura que oscila entre 10 °C y 20 °C. La zona posee un relieve de gran pendiente y muy agreste, en la cual predominan los suelos superficiales, y a la vez valles interandinos altos y en zonas intermedias, donde hay diversos tipos de suelos principalmente los de textura media, alcalinos y de color rojizo o pardo rojizo, algunos son arcillosos, así como suelos profundos y de textura fina. En este espacio geográfico se encuentra la mayor superficie de MAN, que se desarrolla bajo condiciones de secano con precipitaciones entre 300 y 900 mm/año, expuesto muchas veces a veranillos prolongados, lluvias poco frecuentes y bajas temperaturas, [17,18].



Producción

La producción de maíz en Perú durante los últimos 60 años ha tenido una tendencia creciente, aunque no suficiente como para satisfacer la demanda; en 1961, la producción de maíz de 340 000 t y en 2020 de 1 570 000 t; es decir casi se quintuplicó. Se observa diferencias en el incremento de la producción de MAD y de MAN; para el mismo período de tiempo, la producción de MAD fue de 187 000 t y de 1 265 000 t, mientras que para MAN fue de 148 000 t y 304 000 t, respectivamente. Es decir, la producción de MAD se incrementó casi 7 veces (no solo por el incremento en superficie sino también por el empleo de semillas mejoradas de híbridos), mientras que para MAN solo se duplicó (por el empleo de variedades mejoradas de polinización libre). La mayor producción de MAD ha sido consecuencia tanto del incremento en superficie sembrada como de los mayores rendimientos obtenidos, el rendimiento promedio en 1961 fue de 2.1 t/ha y de 4.9 t/ha en 2020. Los incrementos tanto de superficie sembrada como de rendimiento han sido menores para MAN, el rendimiento pasó de 0.9 t/ha a 1.8 t/ha para este período de tiempo. Se concluye que el mayor incremento de la producción de maíz en el Perú ha sido debido al mayor incremento de la producción de MAD y al incremento del área sembrada (Fig. 2).

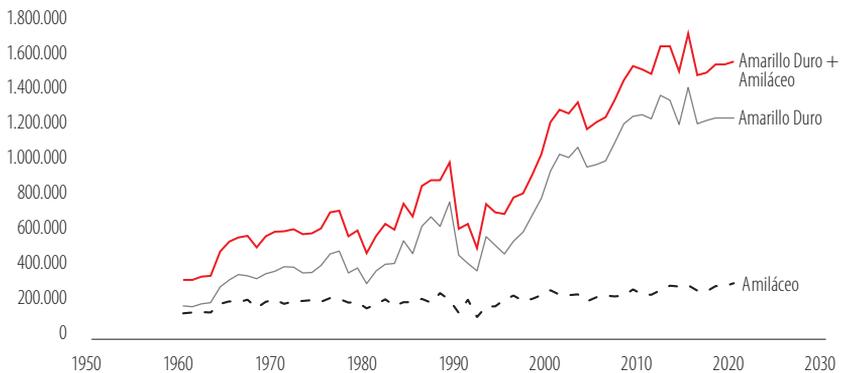


FIGURA 2. Producción de maíz en el Perú (t)

Demanda

La demanda de MAD en el Perú ha tenido un crecimiento acelerado durante los últimos 60 años, pasando de 361 000 t en 1961 a 5 255 000 t en 2019 [15]; es decir un crecimiento de 13 veces. La demanda de MAN ha sido básicamente para consumo interno, ya que de las 304 000 t producidas en 2018 se ha exportado menos del 5%.

El Perú era autosuficiente en MAD hasta 1974. De 1975 a 1990 la cantidad de MAD importado pasó de 236 000 t a 479 000 t que equivale a un crecimiento promedio del 69% del maíz importado con respecto al maíz producido en el país; de 1991 a 2009 la cantidad de MAD importado pasó de 492 000 t a 1 510 000 t que equivale a un crecimiento promedio del 127%; de 2010 a 2019 la cantidad de MAD importado pasó de 1 917 000 t a 3 983 000 t que equivale a un crecimiento promedio del 206% (Fig. 3).



Es decir, en casi 50 años la importación de MAD se ha multiplicado por 17 y este es un aspecto que debe ser considerado en los lineamientos de política agraria.

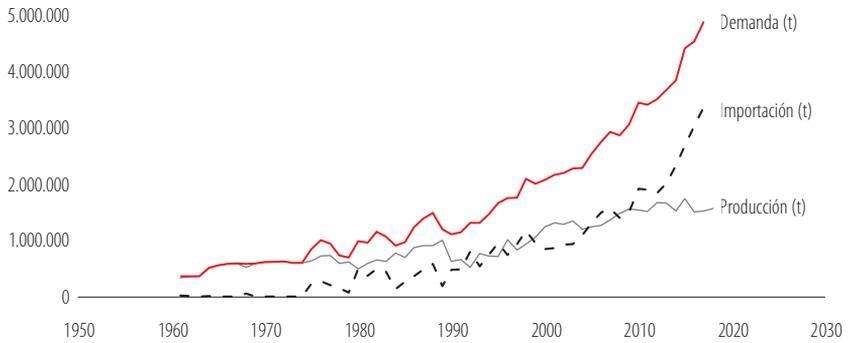


FIGURA 3. Demanda de maíz en el Perú (t)

Demanda de MAD y consumo de carne de pollo

El crecimiento del consumo de carne de pollo en el Perú ha determinado un incremento en la demanda de MAD (Fig. 4). Hasta los primeros años de la década de 1960, el consumo *per cápita* de pollo fue alrededor de 3 kg; las políticas de esa época orientadas al incremento de consumo de carne de pollo y menor consumo de carnes rojas determinaron que entre 1975 y 1990 el consumo *per cápita* sea superior a 10 kg. El crecimiento del consumo *per cápita* de carne de pollo fue muy significativo de 1991 a 2009 llegando a 34 kg y más aún en los últimos años donde se reporta un consumo *per cápita* cercano a los 50 kg y en algunas regiones como Lima, superior a 60 kg (Fig. 5).

En los ítems siguientes se desarrollará con mayor detalle alguno de los puntos antes mencionados con la finalidad de proporcionar mayor información para el lector interesado.

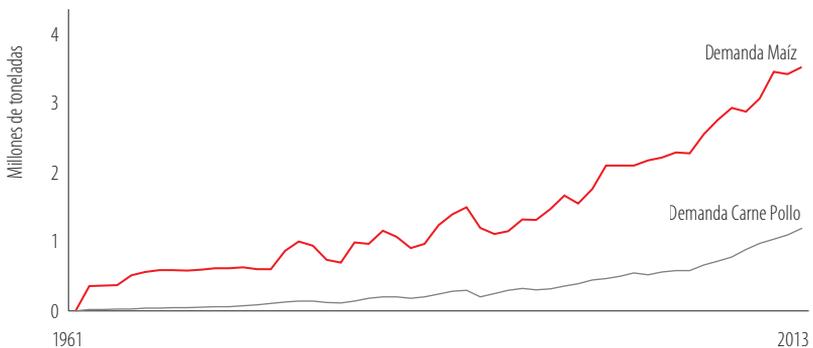


FIGURA 4. Demanda de maíz y de carne de pollo en el Perú

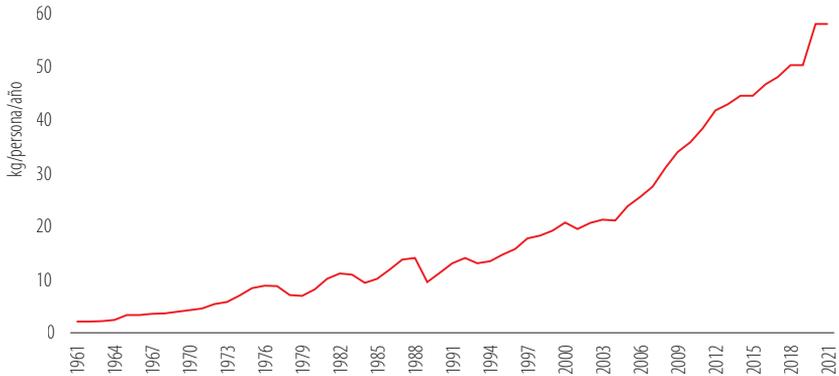


FIGURA 5. Consumo per cápita de carne de pollo en el Perú

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES Y SU ADOPCIÓN

Maíz amiláceo (MAM) o maíz andino (MAN)

El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego de Perú declaró el día 05 de mayo de cada año como "Día nacional del maíz morado, maíz choclo y maíces para cancha" [19]. Se espera que la norma permita revalorar y posicionar al maíz amiláceo como un producto andino, milenario, de consumo popular saludable con potencial agroexportador, lo cual permita promover la realización de festivales, concursos, celebraciones, ferias y encuentros alusivos a la fecha, a nivel nacional, regional y local, a fin de dinamizar la economía nacional, así como fortalecer su posicionamiento comercial a nivel nacional e internacional.

Existen fortalezas y oportunidades para hacer más rentable al maíz amiláceo en el país, como: la existencia de variedades mejoradas con alto potencial productivo (Tabla 1); el rendimiento promedio se incrementó en 400 kg/ha respecto al año 2015 [16]; tendencia al alza en los precios a nivel nacional e internacional (el maíz blanco peruano es mejor cotizado en el país norteamericano (US\$ 2.79) que en España, donde recibe un precio de US\$ 1.75 el kilogramo, y el precio por tonelada de choclo subió de 560 soles en 2007 a 1172 soles en 2017, [16, 20]; amplia diversidad del maíz amiláceo que se adaptan a condiciones agroclimáticas especiales; existencia de metodologías participativas para la producción de semilla local comunitaria de calidad, permitiendo la producción y mejora del potencial productivo de las 52 razas locales existentes [9]; conocimiento ancestral y vocación productiva; existencia de tecnología para incrementar la productividad; amplísima posibilidad de incorporar los productos del maíz amiláceo a la canasta exportadora; posibilidades de ampliar su integración comercial a los mercados de los pequeños productores de la agricultura familiar e incrementar el consumo.



TABLA 1. Variedades de maíz amiláceo inscritas en el Registro de Cultivares Comerciales que conduce la Autoridad en Semillas, a enero de 2021.

Cultivar	Solicitante	Obtendor	Fecha	Ámbito
Blanco Urubamba (PMV-560)	DRA Cusco		27-Jun-83	Sierra media
Kulli (morado) PMV-581	DRA Cusco		27-Jun-83	Costa y sierra; baja y media
San Gerónimo (PMV-662)	DRA Huánuco		28-Oct-83	sierra alta
Choclero 101	INIPA	INIPA * (EEA Baños del Inca)	7-Mar-85	Sierra
Canchero 401	INIPA	INIPA * (EEA Baños del Inca)	7-Mar-85	Sierra media
Morocho 501	INIPA	INIPA * (EEA Baños del Inca)	7-Mar-85	Sierra
PMS 265 (Pardo Dulce)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (verano)
PMV 271 (Pardo)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (invierno)
PMV 272 (Pardo B.U.)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (invierno)
PMS 261 (Chancayano)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central (verano)
PMC 561 (Choclero Tardío)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra media
PMC 584 (Choclero)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra media y alta
PMS 636 (Choclero Precoz)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra alta
PMT 637 (Choclero Precoz)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra alta
PMC 638 (Tolerante al frío)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra alta
PMS 266 (Opaco Amarillo)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa central; sierra baja
PMS 267 (Opaco Tropical)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Costa (verano); selva alta
PMV 580 (Opaco Mal Paso/Huascarán)	UNALM	PCIM UNALM	20-May-85	Sierra media y baja
INIA 601	INIA	INIA † (EEA Baños del Inca)	29-Mar-00	Sierra norte
INIA 603 Choclero	INIA	INIA † (EEA Baños del Inca)	21-Ago-01	Cajamarca
INIA 604 Morocho	INIA	INIA † (EEA Baños del Inca)	25-Abr-03	Cajamarca, Cajabamba, Chota
INIA 606 Choclero Prolífico	INIA	INIA † (EEA Santa Ana)	26-Mar-04	Sierra central



Cultivar	Solicitante	Obtendor	Fecha	Ámbito
INIA 607 Ch'ecche Andenes	INIA	INIA † (EEA Andenes)	11-Oct-05	Sierra sur
INIA 615 Negro Canaan	INIA	INIA § (EEA Canaan)	10-Ene-08	Huanta (Ayacucho), Huamanga (Ayacucho)
INIA 614 Paccho	INIA	INIA § EEA Baños del Inca	11-Ene-08	Cajamarca, La Libertad, Piura
INIA 618 Blanco Quispicanchi	INIA	INIA § EEA Andenes	9-Ago-12	Quispicanchi (Huaró, Andahuaylillas, Quiquijana, Urcos).
INIA 620 Wari	INIA	INIA § EEA Canaan	1-Mar-13	Ayacucho y Apurímac
INIA 621 Pillpe	INIA	INIA § EEA Canaan	20-May-13	Ayacucho y Apurímac
INIA 622 Chullpi Sara	INIA	INIA § EEA Andenes	2-Jul-19	Sierra sur: Cusco (Quispicanchis, Huaró Andahuaylillas, Quiquijana, Urcos)
INIA 623 Cumbemaño	INIA	INIA § EEA Baños del Inca	10-Dic-19	Sierra norte: Cajamarca

* Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria. † Instituto Nacional de Investigación Agraria. ‡ Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. § Instituto Nacional de Innovación Agraria.
Fuente: [16, 35]

Aun cuando hay la tendencia para incrementar el rendimiento de maíz amiláceo, en el lapso de nueve años el promedio nacional sólo avanzó en 8.9%, [16]. A pesar de este panorama, existe la posibilidad de que el agricultor de la sierra pueda incrementar sus ingresos al cosechar en estado temprano su producto y venderlo como “choclo” o intensificar la siembra de maíces especiales como el morado, por el alto precio que estos alcanzan actualmente en los mercados de la costa. Las ventajas que tienen estos dos productos son el dulzor y sabor, y el alto contenido de antocianina en la tufa y pancas o brácteas, respectivamente, [16, 21]. Mientras el precio en chacra por tonelada de choclo subió en 109% en 10 años (de 560 soles en el año 2007 a 1 172 soles en 2017), la producción sólo se incrementó en 8% (de 8.0 en 2007 a 8.7 t/ha en 2017). Esta es una alternativa que debe ser aprovechada, al igual que la producción de maíz Chulpi por su grano dulce para cancha, Cusco Cristalino Amarillo por su alto contenido de almidón para harina y la elaboración de un insuflado de maíz consumido como snack denominado “maná, chichasara blanca o cocoliche” (“pisankalla o pororó” en Bolivia), [16].

Actualmente, existe creciente demanda nacional e internacional de productos de las razas Cusco Gigante por su tamaño de grano y calidad de choclo (Fig. 6). Desde el año 2000 las exportaciones de este maíz han crecido considerablemente, pasaron de 3.8 millones de dólares a 21.7 millones de dólares en 2012. En 2017 crecieron 6% frente a 2016. En 2017 se exportó por un valor FOB de 11.4 millones de dólares mientras que en 2016 ese valor fue de 10.7 millones de dólares, [22, 23]. El precio también se incrementó, pasó de 1.57 a 1.99 dólares el kg. No obstante, esta raza está circunscrita a un área reducida en la región de Cusco de aproximadamente 8 500 hectáreas (la zona se ubica exclusivamente en el Valle del Urubamba o Valle Sagrado de los Incas, en el departamento y región Cusco, provincias Calca y Urubamba, a una altitud entre 2750



y 2950 m s.n.m., en ambas márgenes del río Vilcanota), y, puesto que se ha convertido en un commodity, existe un sistema más o menos formal de producción de semilla, sin garantizar su calidad, [22].

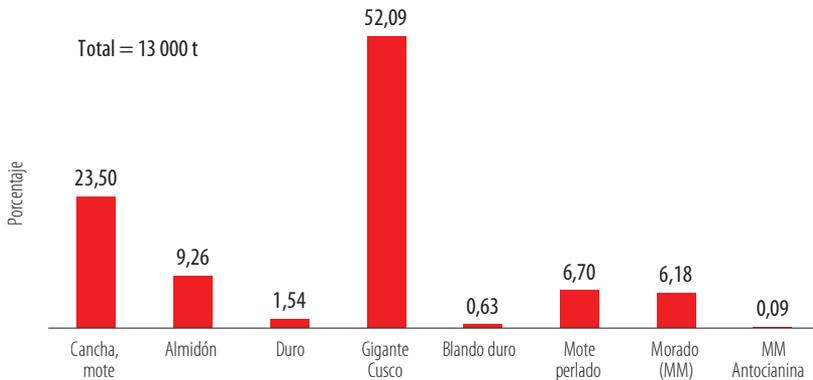


FIGURA 6. Exportación de maíz amiláceo peruano en 2019

Mejoramiento genético

Durante 1958 el PCIM desarrolló y registró oficialmente 12 cultivares, desde variedades de polinización libre (VPL) hasta sintéticos y compuestos, mientras que -desde esa fecha- el INIA ha desarrollado hasta el momento 15 cultivares [24], todos debidamente inscritos en el Registro de Cultivares Comerciales que conduce la Autoridad en Semillas (Tabla 1). Casi todos los cultivares del INIA han sido desarrollados bajo el sistema de selección recurrente de medios hermanos a partir de los Complejos Peruanos (CP), que se formaron uniendo en una misma población las semillas del mismo grupo de maíz de acuerdo a su uso (chocleros, cancheros, morochos y maíces especiales – morado y dulce o paccho) y período vegetativo (precoces, tardíos) y con adaptación a una altitud de 2300 a 3100 m s.n.m., [16]. En la formación de los complejos se incluyó tanto germoplasma peruano como proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y otros programas de maíz de Latinoamérica. Todos los cultivares tienen un potencial de rendimiento que supera ampliamente a los cultivares de los agricultores, principalmente en la sierra y sirven de base para la generación de variedades experimentales, [16].

Con relación a la generación de variedades experimentales, y con el éxito logrado en la difusión de la variedad INIA 601 después de casi veinte años de su lanzamiento como variedad comercial, en la Estación Experimental Agraria (EEA) Baños del Inca – Cajamarca, se ha iniciado un programa de generación de líneas endogámicas derivadas de la “Población Negro” mejorada (formada por 108 progenies de la variedad Morado de Caraz y 148 progenies de la variedad local Negro de Parubamba), de la cual se extrajo INIA 601, [21]. El objetivo es identificar grupos heteróticos con la finalidad de desarrollar híbridos y sintéticos de alto rendimiento y alta cantidad de antocianina de buena calidad (actualmente se tiene un sintético y un grupo de híbridos experimentales en evaluación). Para el caso de maíces chocleros en la EEA Santa Ana – Junín, se está generando líneas



para formar patrones heteróticos orientados a la producción de híbridos. En la EEA Andenes – Cusco, se desarrolla un subproyecto para obtener progenies de hermanos completos en una población de maíz de valles interandinos altos. El trabajo se hace en coordinación con la Universidad Carolina del Norte – USA. El objetivo de este programa es estudiar las posibles diferencias genéticas y fisiológicas que puedan existir entre las distintas poblaciones de valles altos de Mesoamérica y Sudamérica.

Se han evaluado maíces de alta calidad de proteína (QPM, de las siglas en inglés) provenientes del CIMMYT [24], caracterizados por tener el doble de lisina y triptófano que los maíces normales. Del compuesto J se derivó la variedad Opaco Huascarán que ha tenido éxito en la producción de maíz para forraje en el centro y sur del país, además es resistente a 'pukaponcho' producido por un micoplasma, espiroplasma. La formación de compuestos raciales es la estrategia utilizada por el PCIM de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) para conservar *in situ* la diversidad del maíz en el Perú [24].

La tolerancia al frío es una característica adaptativa importante en los maíces de sierra alta, el PCIM de la UNALM ha utilizado métodos de selección recurrente para obtener ganancias por este atributo; se determinó que la variancia aditiva fue la que más contribuyó a la variación en el rendimiento y otros caracteres agronómicos y morfológicos [24]. Para tolerancia al frío en los primeros estados de desarrollo del cultivo, los efectos maternos son importante [24].

Agronomía

Los maíces amiláceos se siembran generalmente en condiciones de secano (sin riego) en la sierra de Perú hasta altitudes de 3950 m s.n.m. entre los meses de julio y noviembre, dependiendo de la región y del ciclo vegetativo de la variedad y de las precipitaciones pluviales [16]. El nivel de tecnología utilizado es bajo por la pobreza, las condiciones geomorfológicas y medioambientales en la región que determina riesgo para el cultivo [25]. En el libro 'Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz', [26] y en el 'Manual de Producción de Maíz Amiláceo' de INIA, [16], se encuentran detalladas las recomendaciones agronómicas para el cultivo de maíz amiláceo; con esta información y los aportes de los colegas dedicados a esta actividad principalmente en INIA, se puede resumir los siguientes puntos:

- El sistema de siembra más prevalente es el tradicional denominado "a cola de buey" por el uso de tracción animal. El sistema semi mecanizado o mecanizado se realiza cuando la topografía del terreno y las condiciones socioeconómicas del productor lo permiten. Hay pruebas iniciales de labranza de conservación con resultados preliminares exitosos.
- La cantidad de semilla utilizada para la siembra (kg/ha) depende del tamaño de semilla de la variedad y del tipo de consumo del grano de maíz. Para maíz dulce (paccho) se necesita 25 kg/ha, para morochos 35 kg/ha, para cancheros y negro de 35 a 60 kg/ha, y para chocheros de 80 a 120 kg/ha, [16]. El número de plantas/ha más utilizado es de 50 000, que se consigue con distancia entre surcos de 0.80 m, distancia entre golpes o sitios de 0.50 m y con 2 plantas/golpe. También se recomienda una distancia entre surcos de 0.85 m y de 0.40 m entre golpes, de



acuerdo a la variedad y el sistema de cultivo, de tal forma que el número de plantas/ha oscila entre 40 000 y 62 000. En sistema a 'cola de buey' se debe sembrar de 6 a 8 semillas por metro lineal, [16].

- La fertilización del cultivo de maíz se debe hacer considerando que para producir una tonelada de grano se requiere de 30 a 35 kg de N, 10 a 13 kg de P_2O_5 y 40 a 45 kg de K_2O . La fertilización de P_2O_5 y K_2O debe ser a la siembra y el N se debe fraccionar. El fraccionamiento de N se realiza con el criterio de incrementar su eficiencia de utilización por la planta; en tal sentido, la aplicación se realiza en los momentos de mayor demanda que está en función al número de hojas de la planta, y se debe determinar para cada variedad y ambientes específicos; fraccionamiento de N en dos oportunidades entre la siembra y antes de la floración es recomendable. Hay que considerar también tapar el fertilizante aplicado (por ejemplo, urea) para evitar pérdidas, ya sea por percolación y contaminación de aguas subterráneas, o por evaporación y sus efectos negativos a la atmósfera. Se debe considerar también la fertilización con micronutrientes de acuerdo al análisis de suelo y plan de cultivo [16].
- El control del gusano mazorquero (*Helicoverpa zea*) es efectivo aplicando aceite antes que la larva ingrese al choclo. Se debe aplicar una a dos gotas de aceite con un gotero o esponja, en forma dirigida a los estigmas cuando estos tienen 2 a 3 cm de longitud. Para tener un buen control se debe realizar dos a tres aplicaciones, ya que en un cultivo de maíz no todos los estigmas aparecen al mismo tiempo [16, 27].

Uso de semilla mejorada de maíz amiláceo (MAM) o maíz andino (MAN)

En la sierra del Perú el rendimiento promedio de maíz amiláceo es de 1.81 t/ha [16], que necesariamente debe ser incrementado. Una de las causas de esta baja productividad es la baja tasa de uso de semilla de calidad que no supera el 1%.

Muchos agricultores aún no le dan la importancia a la semilla producida bajo el sistema formal, proveniente de semilleros inscritos ante la Autoridad en Semillas y cultivados para tal fin. No practican el aislamiento de otros campos de maíz aún de la misma variedad y no respetan la extensión mínima que deben tener los semilleros. Casi todo el Valle Sagrado de los Incas se siembra en un solo mes del año el maíz Blanco Gigante Cusco y escapar a esta época ocasiona problemas de productividad. La mayor parte de los productores cree que su semilla es la mejor, y esto hace que prescindan de semilla certificada. En el valle es poco difundido el uso de semilla producida en semilleros de instituciones públicas como el INIA [22].

Esta situación permite inferir que en el resto de la sierra del país ocurre lo mismo, pero en mayor grado. Hay diversas causas para que esto ocurra.

En principio, la única institución que se dedica a producir semilla certificada de sus variedades mejoradas es el INIA, pero desde hace varios años no ejecuta un plan de difusión de las variedades luego de su lanzamiento o liberación. La adopción de una nueva tecnología sin difusión adecuada es imposible. El fenómeno actual de la variedad de maíz morado INIA 601 lo demuestra. Esta variedad fue lanzada al mercado el año 2000 y recién, luego de 20 años, se la empieza a conocer gracias al agresivo programa



de difusión que viene desarrollando la EEA Baños del Inca en Cajamarca [21, 28]. Por consiguiente, la solución simple es que el área de Transferencia de Tecnología de las EEA del INIA promocionen a gran escala (espacio y tiempo) las nuevas variedades luego de su lanzamiento. Esto está ligado a disponibilidad presupuestal para desarrollar una red de parcelas demostrativas por lo menos en la primera campaña.

Los canales de comercialización de la semilla no son los más adecuados. Se debe establecer puntos de venta de semilla en los departamentos y provincias más productoras del cultivo. En el diagnóstico de línea de base del Proyecto 2361771 del INIA -Proyecto de Semillas-, un alto porcentaje de productores manifestaron que no saben dónde adquirir las semillas del INIA, (A. Chávez, datos sin publicar).

Existen causas externas ligadas a las anteriores que complican el panorama, como la debilidad en el servicio de extensión. Los agricultores desconocen las ventajas comparativas de las variedades mejoradas y poseen un limitado conocimiento de las ventajas de usar semilla de calidad. Por consiguiente, se debe organizar un servicio de extensión con activa participación de los gobiernos locales o municipalidades, porque estos tienen representatividad en las zonas más alejadas del país y tienen la posibilidad de contratar al menos un profesional en ciencias agrarias para hacer extensión.

Hay causas socioeconómicas que limitan el incremento de la tasa de uso de semilla de calidad, como la limitada capacidad adquisitiva de los agricultores, los escasos nexos con el mercado y la siembra mayoritariamente para autoconsumo en parcelas pequeñas, (A. Chávez, datos sin publicar). Se debe tomar decisiones políticas para priorizar acciones en la cadena productiva del maíz a nivel de agencias agrarias, gobiernos locales y gobiernos regionales, promocionar el consumo del maíz en gran escala (ferias, catálogos, recetarios, redes sociales), generar alguna estrategia de asociatividad para fortalecer las organizaciones de productores que permitan elevar los estándares de calidad en los productos con valor agregado como mote, cancha, harinas, extractos, colorantes y otros, o dar a conocer la demanda de mercados étnicos externos. La asociatividad permitiría la adopción de buenas prácticas agrícolas, la promoción y conservación de la biodiversidad, el acceso al crédito por parte de los agricultores, además de mitigar las diversas amenazas generadas por el cambio climático (heladas, granizadas, veranillos o sequías) y el incremento de plagas y enfermedades debido a ciclos ininterrumpidos de siembras de maíz.

Transferencia de tecnología

El maíz amiláceo en Perú se dedica básicamente al consumo interno, de las 300 000 t producidas anualmente, menos del 5% se dedica a la exportación (Fig. 5). El año 2019 se exportó 13 000 t de maíz amiláceo de las cuales el 52% correspondió al tipo Gigante del Cusco, seguido por maíz para cancha (23.5%), almidón (9.3%), mote perlado (6.7%), maíz morado (6.2%). Por lo tanto, es un reto incrementar la cantidad de maíz dedicada tanto a la exportación como al mayor consumo interno. La estrategia debe ser incrementar los rendimientos cuyo promedio nacional es de 1.81 t/ha [16] y desarrollar mecanismos que permitan vincular a los productores con el mercado.

Un ejemplo a tener en cuenta en esta actividad es la promoción de la variedad de maíz morado INIA 601. Ésta posee un alto contenido de antocianinas en la tusa o coronta (6.34%),



la panca o bráctea (4.12%) y el grano (0.56%) [20], y se está utilizando en la agroindustria para la obtención de colorantes naturales y de esta manera se está vinculando a los productores con el mercado nacional e internacional para la producción de fitoquímicos (antocianinas), [21]. En el proceso de comercialización de maíz morado las pancas o brácteas y tusas o corontas, secas y picadas, se utilizan para la extracción de antocianinas mientras que los granos sirven para elaborar harinas, galletas, postres, etc. [28]. Los granos son también el insumo para la fabricación del primer Whisky de grano de maíz morado en el mundo.

Modelo de transferencia de tecnología

La vinculación de las diversas instituciones públicas y privadas interesadas en el desarrollo agropecuario de Cajamarca, como el Gobierno Regional de Cajamarca y los Gobiernos Locales de diversas provincias de la región (Bambamarca, Cajamarca, Celendín, Chota, Contumazá, Hualgayoc, San Marcos y San Miguel) así como el apoyo de la Cooperación Técnica Internacional como Agencia de Cooperación Internacional de Japón - JICA, han permitido desarrollar una estrategia de promoción del cultivo de maíz INIA 601. Estas actividades incluyen campos demostrativos, organización de productores, participación en ferias a nivel regional y nacional, y participación en eventos internacionales. En estos eventos se comparte material de capacitación y difusión del proceso productivo del maíz morado y su comercialización.

Por otro lado, el interés de la prensa local, nacional e internacional, jugaron un rol importante en la difusión y transferencia de tecnología del maíz morado. Esto ha determinado que iniciativas empresariales nacionales e internacionales, estén promoviendo diversos productos agroindustriales que utilizan como materia prima al maíz morado, [21, 28].

Todas estas actividades y emprendimientos están determinando un crecimiento en las exportaciones de maíz morado a países como España, Estados Unidos, Japón, Ecuador, Bélgica, Países Bajos, Canadá Chile y Portugal. Las exportaciones de maíz morado tuvieron un comportamiento inestable desde el año 2000 en que se exportó 811 t, en 2002 se exportó 235 t, luego en 2004 no hubo exportaciones, en 2005 se exportó 137 t y en 2006, 169 t. Durante el año 2020, se exportó 6 755 t de maíz morado por un valor FOB de US\$ 12.550.179. [29].

A pesar de tener muchas fortalezas y oportunidades, el maíz morado peruano aún es poco conocido, no existe estandarización de calidad en su cosecha, la oferta exportadora sigue siendo baja y no cuenta con recursos tecnológicos. Adicionalmente, las industrias farmacéuticas son muy rigurosas en la certificación fitosanitaria, existen limitadas normas técnicas del gobierno para mejorar la competitividad de las empresas. La competencia puede lograr una reducción de precios y mejorar la calidad de su maíz en mediano plazo u ofertar productos sustitutos de colorantes naturales, las exportaciones equivalen menos del 2% del consumo interno. La cadena de valor no está integrada, por lo que muchas empresas son incapaces de responder rápida y creativamente (hay poca experiencia y especialización en el negocio).



MAÍZ AMARILLO DURO (MAD)

Mejoramiento genético

La demanda de MAD en el Perú es de 5.3 millones de toneladas [14], de las cuales el 77% requiere ser importado, no obstante haber tenido en los últimos 60 años un crecimiento sostenido de la producción nacional tanto por el incremento de áreas de cultivo, como el mayor rendimiento obtenido por los productores. La mayor demanda es debida al incremento del consumo *per cápita* de carne de pollo, principalmente, que es superior a los 50.4 kg [15].

El mayor rendimiento que se obtiene en campos de los productores es consecuencia del uso de variedades mejoradas e híbridos. El uso de híbridos de maíz en el Perú data desde 1949, cuando La Estación Experimental La Molina liberó el híbrido LM #2 [4]. La creación del Programa Cooperativo de Investigación en Maíz (PCIM) de la UNALM dinamizó la generación de híbridos y la producción de semilla híbrida que determinó un crecimiento significativo en la producción de maíz a tal punto que para hasta los primeros años de la década de 1970 el Perú fue autosuficiente en la producción de MAD.

Los métodos de mejoramiento utilizados para la generación de cultivares (variedades e híbridos) incluyen introducción de germoplasma, selección masal y selección recurrente. La introducción de germoplasma se hizo desde inicios de la formación del programa de mejoramiento hasta la actualidad. Se indica algunos hitos importantes:

- Introducción de germoplasma centroamericano que posteriormente dio origen a Cubano Amarillo ampliamente difundido en la selva peruana y que fue uno de los componentes del grupo heterótico Cuba x Perla, [30]. Perla es germoplasma peruano.
- Introducción de variedades experimentales del CIMMYT para probar su adaptación y eventual liberación. Por ejemplo, la variedad Marginal 28 Tropical fue liberada combinando 3 variedades experimentales de la población 28 del CIMMYT; actualmente, esta variedad es la más difundida en la selva peruana, también se siembra en valles interandinos tanto de la cuenca oriental como occidental de la cordillera de los Andes. Otras variedades como PMV 748 y PMV 749 también fueron derivadas de variedades experimentales del CIMMYT de las poblaciones 27 y 28, respectivamente [30].
- Introducción de líneas endocriadas para ser utilizadas en programas de mejoramiento o en la formación de híbridos experimentales para posterior liberación por el programa nacional. En el primer caso se puede mencionar la introducción de 113 líneas del CIMMYT por el PCIM, con las que se inició un programa de Selección Recíproca Recurrente [31]. En el segundo caso se debe mencionar la introducción de líneas progenitoras de híbridos superiores identificadas por el Programa de Maíz de INIA, por ejemplo, los progenitores de los híbridos simples INIA 605 (amarillo normal) e INIA 611 (de alta calidad de proteína). Otro uso de las líneas del CIMMYT ha sido la formación de nuevas combinaciones híbridas como es el caso del híbrido INIA 619.



- Selección masal como un método rápido para mejorar caracteres cualitativos de colecciones con buen potencial de rendimiento como el caso de PMV-9 [31].
- Selección recurrente de medios hermanos para la preservación de germoplasma local como Alazán y Mochero [30].
- Selección Recíproca Recurrente (SRR) para el desarrollo de híbridos del grupo heterótico Perla × Cuba utilizando los sintéticos PMS 263 (Cuba) y PMS 264 (Cuba). Los productos de este esquema de mejoramiento fueron híbridos dobles formados por líneas S_i tales como PM-203, PM-204, PM-205, PM-206, PM-207, etc. (Tabla 2). Igualmente, se utilizó el método de SRR con germoplasma del CIMMYT y del PCIM como integrantes de otro grupo heterótico.

TABLA 2. Cultivares desarrollados por el INIA y el PCIM desde 1985.

CULTIVAR	OBTENTOR	FECHA	TIPO	ADAPTACIÓN
Marginal 28T	INIPA ¹	7/03/1985	VPL	Selva y costa norte
Pimte INIA	INIA ² EEA El Porvenir	13/07/1998	Híbrido triple	Selva y costa
INIA 602	INIA ³ EEA El Porvenir	16/02/2001	VPL	Suelos ácidos de selva con saturación de Al < a 60% y en suelos normales de costa y selva.
INIA 605	CIMMYT / INIEA ⁶	9/01/2004	Híbrido simple	Trópico bajo de la costa del Perú.
INIA 608 Porvenir	INIEA ⁶ EEA El Porvenir	18/08/2006	Híbrido Inter varietal	Selva de Tarapoto y Yurimaguas
INIA 611 Nutri Perú	INIEA ⁶	3/04/2007	Híbrido simple QPM	Costa y selva
INIA 609 Naylamp	INIEA ⁶ EEA Vista Florida	3/04/2007	Híbrido triple	Costa norte
INIA 610 Nutrimaíz	INIA ² EEA El Porvenir	5/11/2007	VPL	Costa norte y selva
INIA 612 Maselba	INIA ² EEA San Roque	14/11/2007	VPL	Selva baja
INIA 616 Ucayali	INIA ⁵ EEA Pucallpa	5/03/2010	VPL	Suelos de restinga de selva baja
INIA 617 Chuska	INIA ⁶ EEA Vista Florida	29/11/2010	Sintético	Costa y selva
INIA 619 Megahíbrido	INIA ⁵ EEA Vista Florida	10/10/2012	Híbrido simple	Costa y selva
INIA 626 Akira	INIA ⁵ EEA Donoso	1/12/2021	Híbrido simple	Costa central
PM-201	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PM-203	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PM-204	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PM-205	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PM-206	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PM-211	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PM-212	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa



CULTIVAR	OBTENTOR	FECHA	TIPO	ADAPTACIÓN
PM-213	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PMS-263	PCI UNALM	20/05/1985	Sintético	Costa
PMS-264	PCI UNALM	20/05/1985	Sintético	Costa
PM-301	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa
PM-701	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa norte y selva
PM-702	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido doble	Costa norte y selva
PMC-747	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa
PMV-748	PCI UNALM	20/05/1985	VPL	Costa
PMV-749	PCI UNALM	20/05/1985	VPL	Costa
PMV-750	PCI UNALM	20/05/1985	VPL	Costa
PMC-2	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa
PMC-6	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa
PM-102	PCI UNALM	20/05/1985	Híbrido inter familiar	Costa norte y selva
PMC-861	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa
PMC-863	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa norte y selva
PMC-864	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa norte y selva
PMS-635 (Sint. Amarillo Ancash)	PCI UNALM	20/05/1985	Sintético	Costa central
PMV-661 (Amarillo Ancash)	PCI UNALM	20/05/1985	VPL	Costa central
PMC-1 (Peruano)	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa
PMC-5 (Tropical)	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa norte y selva
PMC-7 (Perla)	PCI UNALM	20/05/1985	Compuesto	Costa
PMV-260 (Amarillo La Molina)	PCI UNALM	20/05/1985	VPL	Costa central
PMV-273	PCI UNALM	20/05/1985	VPL	Costa
PM-104	PCI UNALM	6/05/1997	Híbrido triple	Costa norte y selva
PM-105	PCI UNALM	6/05/1997	Híbrido triple	Costa norte y selva

† Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agraria; ‡ Instituto Nacional de Investigación Agraria; & Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria; § Instituto Nacional de Innovación Agraria.
Fuente: [15, 31]

La Autoridad Nacional de Semillas de Perú tiene registrado 161 cultivares comerciales tanto de empresa públicas como privadas. Conviene indicar que la promoción de un híbrido está determinada por sus características de acuerdo a la demanda de los productores/consumidores de maíz. El criterio más importante en MAD es el potencial de rendimiento del híbrido y su adopción tiene relación directa con la producción y comercialización de semilla. Por ejemplo, el híbrido PM 204 fue el más vendido (13 millones de kilos) por la



APROSECEM, la entidad asociada al PCIM para la producción y comercialización de semilla en la década de 1970, cuando la semilla híbrida producida por APROSECEM alcanzó más del 90% del área de maíz sembrada en la costa de Perú [13].

En 1985 el PCIM inscribió en el Registro de Cultivares Comerciales 32 híbridos para costa norte, central, sierra y selva. Ese mismo año el Instituto Nacional de Promoción Agraria lanzó en la EEA El Porvenir – San Martín la VPL “Marginal 28 Tropical”, compuesto que resultó de la recombinación de 3 variedades experimentales del CIMMYT: Across 7728, Ferke 7928, La Máquina 7928. Esta variedad fue liberada para ser promovida en la selva peruana, aunque posteriormente fue difundida en la costa y valles interandinos hasta los 1800 m s.n.m. Además, muestra excelente aptitud para chala en la costa central. En la actualidad aún es demandada por su grano grande y color naranja.

Durante los últimos 20 años el INIA ha lanzado al mercado 13 cultivares de MAD, entre híbridos, sintéticos y VPL (Tabla 2), para condiciones de costa, valles interandinos y selva, de los cuales solo cinco se mantiene en el sistema nacional de producción de semilla, otros están siendo mejorados para su relanzamiento y promoción por ser de muy buena adaptabilidad y competitividad.

Para la costa norte, la estrategia es el desarrollo de híbridos simples con características de rusticidad y plasticidad a diferentes ecosistemas, que incluyen suelos con diferente textura (de arenosos a franco arcillosos) y alto contenido de sales. También conviene indicar que la demanda de forraje para la ganadería ha crecido en la costa norte, esto abre la posibilidad de probar sorgo que en asociación con maíz a fin de producir alta cantidad de forraje de excelente calidad.

El mejoramiento genético de maíz para la selva, ha centrado su atención en la obtención de nuevos cultivares (híbridos y variedades), formados con líneas derivadas de poblaciones del CIMMYT. La importancia social del cultivo de maíz radica en la cantidad de productores que se dedican a esta labor y, por ende, en la generación de mano de obra y la seguridad alimentaria, a nivel nacional se tiene 200 mil unidades productivas dedicadas a la producción de MAD, [32].

Se puede concluir que hay un crecimiento del área sembrada con semilla híbrida en relación a la sembrada con VLP; por ejemplo, en Lambayeque (costa) el año 2005 se sembró 2 000 ha con semilla híbrida y 22 000 con VPL; ahora se siembra 23 000 ha de híbridos y 1 500 ha con VPL. En la selva ocurre un fenómeno similar; en San Martín, para el mismo período de tiempo, el área sembrada con semilla híbrida pasó de 1 000 a 38 000 ha, mientras que el área sembrada con VLP disminuyó de 60 000 a 19 000 ha, (A. Gutiérrez, datos sin publicar).

Agronomía en Costa

Las nuevas tecnologías de agricultura de precisión constituyen una alternativa actual para ser usada por los pequeños y medianos agricultores, por lo que INIA generará una base de datos que incluye análisis de suelos y atención a los productores para generar información de los años 2020 y 2021 y proyectar las tendencias de rendimiento futuro de acuerdo al paquete de manejo recomendado, usando para ello herramientas como ARGIS,



QGIS, entre otras, conectados a la red nacional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú -SENAMHI- y las estaciones meteorológicas del INIA en red.

La posibilidad de incrementar aún más los rendimientos por hectárea y mejorar la calidad son altas. Las perspectivas se presentan favorables si tenemos en cuenta las aceptables condiciones del ecosistema, genotipos de alto rendimiento y la franca posibilidad de mejorar las prácticas de cultivo aunadas a la adopción simultánea de las buenas prácticas agrícolas. Para ello es importante considerar: manejo del cultivo (instalación del cultivo, alta densidad de siembra, fertilización, control de malezas, plagas, enfermedades y cosecha) y elección del cultivar.

Las actividades agronómicas son bastante conocidas en el ambiente productivo del maíz amarillo duro en la costa.

Época de siembra. En la costa central se ha evaluado apropiadamente el efecto que tienen las épocas de siembra sobre el rendimiento de maíz grano. Se ha comprobado que las siembras de mayor rendimiento son las de invierno, comparadas con las de verano (la región central y la región sur de la costa peruana poseen dos estaciones bien marcadas: invierno, entre abril y octubre; y verano, entre noviembre y marzo; las temperaturas mensuales máximas suelen darse en febrero, entre 24 y 33 °C y las mínimas entre 15 y 18 °C, en julio). La siembra de invierno tradicional es entre julio y setiembre, que es la más recomendable y favorable por la menor incidencia de plagas y enfermedades, menor consumo de agua y, sobre todo, porque los rendimientos son generalmente mayores y más estables que los de verano. La siembra de verano, que ocurre entre noviembre y enero, se ha generalizado a la fecha, estimulada por el uso de híbridos que responden muy bien a estas condiciones.

Preparación del suelo. Los criterios en la preparación del suelo tienen coincidencias en cuanto a la necesidad y conveniencia de instalar el cultivo en un suelo limpio, con suficiente humedad, mullido y nivelado. En los valles de Pisco, Chincha y Cañete, generalmente la preparación del suelo lo ejecutan en seco, en los dos primeros debido a la poca disponibilidad de agua, mientras que en Cañete es una práctica asumida por experiencias propias del productor, en los demás valles la preparación del suelo se inicia con el riego de “machaco” (riego pesado, prolongado o de inundación, que permite que el suelo duro pueda absorber el agua a través de las capas duras y de este modo se ponga más suave y fácil de preparar con el arado). Prácticas de labranza de conservación deben ser estudiadas para validar su conveniencia en el sistema de producción de maíz.

Elección del cultivar. En el Perú hay más de 161 cultivares registrados de MAD. En la costa central predomina híbridos introducidos por empresas multinacionales de semilla. El comportamiento de estos híbridos es variable de acuerdo al ambiente y con frecuencia la decisión al adquirir determinada semilla se rige por la experiencia de siembra de los mismos productores, cuyos resultados son masificados entre ellos por lo que obtienen en la cosecha y por la labor de promoción de las empresas vendedoras de semilla. Resultados de una red de ensayos realizados entre 2012 y 2014 en 26 ambientes para evaluar 18 cultivares comerciales (híbridos y variedades) disponibles en el mercado nacional, mostraron que entre los 4 híbridos de mayor rendimiento de grano se tuvo a 2 de origen nacional, uno producido por INIA y el otro por el PCIM, los otros 2 son



producidos y distribuidos por empresas transnacionales, [21]. La recomendación para lograr un buen rendimiento de maíz amarillo duro, tanto en costa como en selva, debe tener como meta la promoción de híbridos simples conforme se hace en los países líderes en la producción mundial de maíz como los Estados Unidos de Norteamérica, China, Brasil, Argentina.

Instalación del cultivo. Los agricultores asocian la obtención de altos rendimientos con el uso de semillas mejoradas de calidad, adecuada densidad de siembra (número de plantas por hectárea) en combinación con una eficiente fertilización y riegos oportunos. Esto determina que en algunos departamentos se obtenga rendimientos superiores a 10 t/ha. Es una práctica constante el tratamiento que recibe la semilla a base de insecticidas – fungicidas de manera preventiva contra posibles daños por insecto y hongos, la siembra se efectúa generalmente en dos modalidades: manual (predominante) y a máquina (limitada). Los cultivares se siembran a las densidades recomendadas por los proveedores y también a las que los agricultores consideran como tradicionales para cualquier tipo de cultivar. A lo largo de los años y por el desarrollo de cultivares con características de hojas erectas actualmente se viene estandarizando una población de 75 500 plantas por hectárea, aunque no siempre se obtienen los resultados esperados por no disponer de información para cada una de las zonas o las limitaciones para utilizar las recomendaciones técnicas.

Fertilización. El productor de la costa central prioriza esta actividad considerando los tres elementos principales. Las dosis que generalmente aplican son: 240-100-120 o 260-120-140 de N-P₂O₅-K₂O. En el caso muy particular del valle de Pativilca (provincia de Barranca, departamento de Lima) en la época de invierno priorizan la siembra de papa, e inmediatamente rotan con maíz, aprovechando los residuos que quedan de ésta. Las fuentes generalmente son urea, fosfato di amónico y el sulfato de potasio, [15].

Manejo de plantas arvenses. En su ciclo vegetativo el maíz tiene un período, desde la emergencia hasta los 40 y 50 días, en que es más sensible al ataque de plantas arvenses o malezas. En la costa central se estila el control de este tipo de plantas en forma manual (con labranzas superficiales, utilizando lampa), mecanizado (con cultivadoras) y animal (con cultivadoras pequeñas a tracción animal). Adicionalmente, aquellos agricultores de mayor uso de tecnologías optan por el uso de herbicidas ya sea de pre o post emergencia, [15].

Riego. En la costa peruana, la precipitación fluvial es menor a 100 mm por año y por lo tanto es necesario aplicar agua de riego para obtener una cosecha de maíz. Hay información relacionada con la eficiencia del riego. En un estudio realizado en la UNALM se obtuvo rendimientos de 6.7, 5.8 y 4.8 t/ha de grano de maíz para 3 sistemas de riego. En el primer sistema la tensión de humedad fue de 6 bares y se aplicó 10 riegos a intervalos de 7 y 5 días con un gasto de agua de 6 039 m³/ha. En el segundo sistema la tensión de humedad fue de 15 bares y se aplicó 6 riegos a intervalos de 24 y 12 días con un gasto de agua de 5 566 m³/ha. El tercer sistema fue el riego tradicional en el que se utilizó 4 riegos con un volumen de agua utilizado de 5 823 m³/ha [25].

En la costa se utiliza 3 sistemas de riego: por gravedad, por aspersión y localizado. Hay diferencias en eficiencia, costos y facilidades de los agricultores para la adopción de estos sistemas. El más generalizado es el sistema por gravedad. Investigadores de



la UNALM [25] reportan los resultados de 2 sistemas de riego localizado, por goteo y exudación. El riego por exudación se realiza utilizando microporos en una cinta de material sintético colocada en el pie de la línea de plantas. En el riego por goteo se utiliza goteros instalados en el pie de la línea de plantas. Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas entre ambos sistemas de riego.

En la costa es sistema más utilizado es el riego por gravedad e inicia con un riego de pre siembra denominado 'riego de machaco', la siembra se realiza unos días después cuando el suelo está en capacidad de campo; el primer riego o 'riego de enseño' se realiza lo más tarde posible, hasta 30 o 35 días después de la germinación, a fin de estimular un sistema radicular profundo y bien desarrollado [15].

En el cultivo de maíz se consideran 2 etapas críticas con relación a la disponibilidad de agua. Humedad para la germinación uniforme de la semilla, aunque hay que considerar que el maíz no tolera excesos de humedad al momento de la germinación. Humedad al momento de la floración, es fundamental que el cultivo disponga de agua una a dos semanas antes y después de la floración, dependiendo del período vegetativo del cultivo. El tiempo indicado es válido para maíces con un período vegetativo de 135 a 165 días; si el período vegetativo es mayor o menor hay que tener en cuenta estas consideraciones.

Plagas. Las plagas y enfermedades en su mayoría siempre existieron en el maíz, aunque las primeras se mantuvieron en un nivel de equilibrio biológico y ambiental, el mismo que se ha deteriorado en los últimos años. Al sembrar maíz todos los meses del año existe el medio favorable para la prevalencia de plagas principales, de otras secundarias, e incluso de algunas que habiendo permanecido como latentes o potenciales van convirtiéndose en principales, como sucede con el "chinche". Se han encontrado hasta 4 plagas consideradas principales: gusanos cortadores (*Feltia experta* Walker y *Agrotis ypsilon*), gusano picador (*Elasmopalpus lignosellus* Zeller), cogollero (*Spodoptera frugiperda*), cañero (*Diatraea saccharalis*) y el chinche (*Sthenaridea carmelitana* Carvalho), [15].

Enfermedades. Las condiciones ambientales de la costa central son diversas, lo cual hace que se puede expresar favorablemente al rebrote de algunas enfermedades existentes y en otras la aparición de nuevas enfermedades. Acompañado con algunos híbridos que muestran susceptibilidad a la presencia de ciertas enfermedades especialmente foliares. Una de las principales enfermedades que se observa en los valles maiceros del Perú es la "mancha de asfalto" (*Phyllachora maydis* y *Monographella maydis*), que se ha convertido en el principal factor limitante de la producción, especialmente en la costa norte y central. La alta humedad relativa (> 75%) favorece el desarrollo de esta enfermedad, [15]. Otras enfermedades potenciales importantes son la "mancha gris" (*Cercospora zea-maydis*) y pudriciones de mazorca causadas por diferentes patógenos como *Fusarium graminearum*, *Aspergillus flavus* y *Stenocarpella maydis*.

Cosecha. Generalmente la cosecha se inicia con el tumbado de la planta y esta ocurre entre 135 y 165 días después de la siembra, influenciado por el ambiente. Las plantas se dejan en campo por periodos de 10 a 15 días para proceder al despanque y posteriormente el traslado a una era para el secado hasta alcanzar el 14% de humedad, lo cual transcurre entre 15 y 30 días, luego se procede al desgrane, [15].

Labranza mínima y riego tecnificado. En Vista Florida se comparó el sistema de labranza cero o siembra directa (LC) y labranza tradicional (LT), ambos con riego por



goteo, empleando el híbrido simple INIA 619 Megahíbrido en asociación con frijol Bayo Mochica (*Phaseolus vulgaris*). Los resultados revelan que el consumo de agua en LC es de 3 300 m³/ha y en LT de 5 600 m³, para obtener 14.2 t/ha y 9.8 t/ha, respectivamente, en campos con labranza cero. Esta tecnología podría reducir los altos costos de producción del maíz en el Perú (P. Injante, datos sin publicar).

Agronomía en Selva

Entre enero y marzo de 2021 en la selva de Perú se cosecharon alrededor de 161 687 t, en una superficie cosechada de 52 487 ha, con un rendimiento promedio de 2.8 t/ha [33]. En la región San Martín el maíz y el arroz son los cultivos de mayor importancia socioeconómica. La producción de maíz básicamente es de maíz amarillo duro, cuyo grano es utilizado en alimentación humana en forma de choclo, harinas y chicha y alimentación animal en forma directa y en la elaboración de alimentos balanceados.

En la selva de San Martín se cuenta con la mayor superficie cultivada y con la mayor productividad. La superficie sembrada entre agosto 2019 y julio de 2020 fue de 44 963 ha, cosechándose 44 949 ha con producción de 126 914 t y productividad de 2.82 t/ha, de un total de 24 405 productores, siendo comercializado a precio de chacra de S/ 0.93 por kg [34].

Factores limitantes en la baja productividad. Esta se debe al nivel tecnológico empleado, el cual es muy variado y depende del nivel socioeconómico y cultural del agricultor y de las condiciones edafoclimáticas de la región. El 92% de las áreas sembradas se encuentran en suelos de laderas, bajo condiciones de secano con distribución de lluvias erráticas. Existen deficiencias en el manejo agronómico del cultivo y de fertilizantes, inadecuado control de malezas, de enfermedades e insectos principalmente del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). La presencia de suelos ácidos con saturación de aluminio mayor al 70% y con baja disponibilidad de fósforo también son una limitante para obtener buenos rendimientos y para poder incrementar la superficie sembrada con el cultivo. Otro factor limitante es el no uso de prácticas de conservación de la fertilidad y la integridad de los suelos, (P. Díaz, datos sin publicar).

Uso de semilla de MAD en el Perú

La demanda de semilla para la producción del MAD que requiere la industria de alimentos para animales en el Perú se satisface con semilla importada, semilla nacional y semilla propia. Sin embargo, actualmente la utilización de semilla mejorada por parte de los agricultores es muy baja (menor al 10% de semilla certificada producida en el Perú) y esto es una de las razones de los bajos rendimientos de grano. Cabe mencionar que en la década de 1970 cuando el uso de semilla híbrida de maíz fue mayor al 90% el país logró ser autosuficiente en la producción de maíz. Indudablemente esta no es la única razón de la autosuficiencia de maíz para satisfacer los requerimientos de la industria de alimentos balanceados, pero si se debe considerar a la semilla como un insumo importante en los programas de incremento de la producción. En las regiones de Lima y Ancash donde los rendimientos promedio de maíz son cercanos a 10 t/ha, los agricultores utilizan semilla de híbridos de alto potencial de rendimiento ratificando las ventajas de la utilización de semilla mejorada tanto por su valor intrínseco como por la motivación de mejorar las labores agronómicas del cultivo para que el híbrido pueda expresar su valor de rendimiento.



Cultivares de maíz amarillo duro en el Perú. Actualmente existen 161 cultivares mejorados de MAD inscritos en el Registro de Cultivares Comerciales (RCC) que conduce la Autoridad en Semillas, [35]. De estos, 46 pertenecen al sector público (34 al PCIM de la UNALM y 12 al INIA). Es decir que el 72% pertenecen a empresas privadas. En la Tabla 3 se puede verificar que 75 cultivares fueron inscritos por un grupo de 18 empresas privadas. Cabe precisar que en 1985 el PCIM inscribió la totalidad de sus cultivares y desde ese año dejó de hacerlo. La institución nacional que ha seguido produciendo cultivares mejorados de MAD es el INIA, el año 2012 lanzó al mercado el híbrido simple INIA 619 y el 2021 otro híbrido simple, el INIA 626 Akira en la EEA Donoso.

TABLA 3. Principales empresas obtentoras o solicitantes de inscripción de cultivares de maíz amarillo duro en el Perú

Obtentor / Solicitante de inscripción en el RCC	Nº de cultivares inscritos
PCIM de la UNALM	34
INIA	12
Dow Agrosciences	8
Pioneer Hi-Bred International INC.	7
Jean Carlo Landiar	6
Semeali Sementes Híbridas Ltda	5
Syngenta Sementes S.A. Brazil	5
Advanta Seeds International	4
Agricomseeds S.R.L.	4
San Fernando S.A.	4
Sementes Cargill (Brazil)	4
Syngenta Crop Protection	4
Dow Agrosience	3
KWS Melhoramento e Sementes L.T.D.A.	3
Monsanto Seeds LTD (Thailand)	3
Pacific Seed Thai LTD, Miembro de Advanta	3
Pedro José Maranessi Figuerola	3
Productora de Semillas S.A	3
Santa Helena Semantes	3
Semillas Valle S.A.	3
OTROS (menos de 2 cultivares inscritos en el RCC)	43

Fuente: [35]

Si se asume que para sembrar 1 ha de MAD se emplea aproximadamente 25 kg, entonces la demanda de semilla para cubrir las 254 743 ha de MAD que hay en el país es de 6 400 toneladas. Aproximadamente, el 34% de esta demanda es cubierta con semilla común, el 57% con semillas importadas y el restante 9% con semillas certificadas de producción nacional, (A. Chávez, datos sin publicar).



Importación de semilla de maíz amarillo duro. La importación promedio de semilla de MAD de los últimos once años (2010-2020) es de 2844.6 toneladas (Tabla 4 y Fig. 7), es decir, 40.9% de toda la semilla importada al país en ese periodo, lo que significa en promedio 16.9 millones de US\$ CIF (35% de todo el dinero que el país invierte en importar semilla). El principal país de donde se importó semilla de MAD en 2020 fue México, seguido de Tailandia, Bolivia y Brasil (Fig. 8). Las principales empresas importadoras en 2020 fueron Hortus (34%), Farmex (27%), Interoconima (25%), TQC Semillas (3%) y otras empresas (11%), (COMEX, 2021). Tanto Hortus como Farmex distribuyen materiales desarrollados por Monsanto [36].

TABLA 4. Cantidad de semilla de los cultivares de MAD que más se comercializaron en el país durante los últimos once años.

Cultivares	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total (t)	Promedio (t)
DK 7088	275,1	730,2	1159,4	1021,4	733,7	941,4	456,4	829,5	623,4	649,2	722,7	8142,5	740,2
DK 399	2,1		309	458,8	362,7	136,4	504	452,9	333,8	559,5	583,4	3702,6	370,3
DK 7508						95,2	332,4	706,9	400,1	629,5	495,3	2659,3	443,2
DK 1596	174,3		347,9	611,3	822,5	295,9	187,6					2439,5	406,6
AG 1596	386,2	666,1	238,1									1290,4	430,1
DK 7500						194,1	250,3	126,3	130,4	268,6	262,8	1232,5	205,4
Insignia 860		0,2		33,6	50,9	76,4	161,6	234,9	145,3	214,2	177	1094,1	121,6
Emblema 777								12,4	97,6	296	504,7	910,6	227,7
2B 688	79,8	100	89,6	207,9	73,6	40,6	119,7					711,1	101,6

Fuente: Cortesía de las Ings. M.Sc. Susana Chumbiauca Mateo y Lucía Pajuelo Cubillas, en base a datos de la SUNAT (2020).

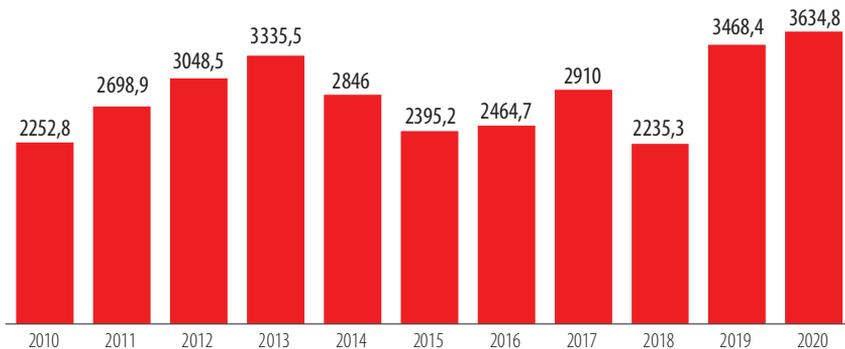


FIGURA 7. Importación de semilla (t) de maíz amarillo duro de 2010 a 2020.

Fuente: COMEXPERU en base a datos de la SUNAT (2020). Cortesía del Dr. Oscar R. De Córdova, director ejecutivo de APESemillas.

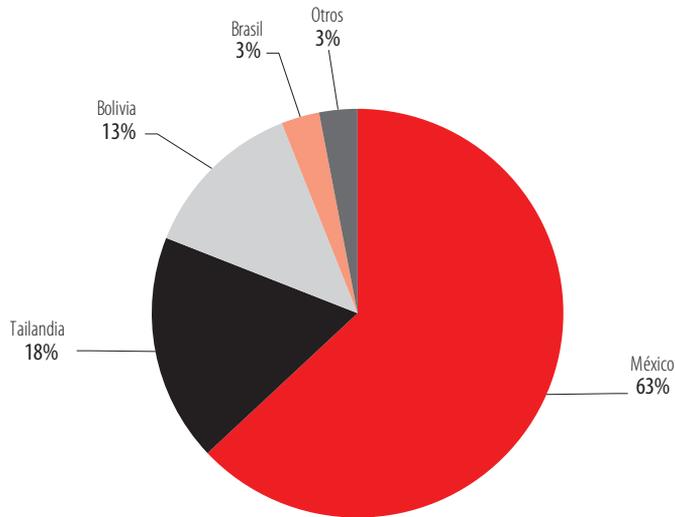


FIGURA 8. Origen de la semilla de maíz amarillo duro (MAD) importada en 2020.

Fuente: COMEXPERU en base a datos de la SUNAT (2020). Cortesía del Dr. Oscar R. De Córdova, director ejecutivo de APESemillas.

Los cultivares de los cuales se importó más semilla en los últimos once años se muestran en la Tabla 4. Es preciso anotar que ninguno de estos cultivares aparece actualmente en el RCC que conduce la Autoridad en Semillas.

Producción de semillas de maíz amarillo duro en el Perú. Los cultivares híbridos extranjeros son destinados principalmente para la costa norte y centro, con una limitada disponibilidad en la selva. En esta región, la principal variedad que utilizan los productores de selva baja es Marginal 28 Tropical, muy demandada por los agricultores de selva pues responde bien en condiciones de suelos aluviales de restingas, bajo condiciones de secano, escaso uso de fertilizantes y agroquímicos, alcanzando rendimientos de hasta 5 t/ha. Esta variedad no ha podido ser reemplazada por otro cultivar de similares características [36].

La Ley General de Semillas y su Reglamento General señala que las creaciones fitogenéticas deben ser inscritas en el Registro Nacional de Variedades Vegetales Protegidas, y cuyo creador posee el correspondiente Certificado de Obtentor otorgado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual -INDECOPI-. Hasta diciembre de 2014 se expidieron 90 certificados de obtentor, pero ninguno de ellos corresponde a cultivares de MAD, indicando un escaso interés en producir semilla de híbridos a nivel nacional, y, por consiguiente, un escaso interés por importar parentales o germoplasma como base para nuevas obtenciones vegetales [36].

En el Perú se admite la producción y comercialización de las siguientes clases y categorías de semillas de maíz amarillo duro:



1. Semilla Genética
2. Semilla Certificada, producida bajo el proceso de certificación; comprende las siguientes categorías:
 - Categoría Básica o de Fundación
 - Categoría Registrada
 - Categoría Certificada
 - Categoría Autorizada.
3. Semilla No-Certificada

Se entiende por semilla No-Certificada, cualquier semilla que se ofrezca a la venta y que no cumple con los requisitos indicados para la semilla certificada debido a que no es sometida a dicho proceso. Sin embargo, deberá rotularse y reunir los requisitos mínimos de calidad, establecidos en el reglamento específico de semillas por cultivo y demás disposiciones complementarias. Como la semilla No-Certificada no es sometida a los controles oficiales en su producción, la garantía de su calidad es responsabilidad de su productor.

Actualmente, las semillas importadas son reconocidas como de la clase No-Certificada al momento de ser introducidas en el país. Existe el procedimiento de homologación de semillas que permite que el lote de semillas sometidas al proceso de certificación oficial en el país de origen sea reconocido como tal en el Perú, sin embargo, hasta el momento aún no se reportan homologaciones [36].

La producción de semillas clase Certificada de híbridos de MAD, se realiza solo como categoría Autorizada, pues el Reglamento Específico de Semillas de Maíz no contiene disposiciones para el registro, certificación y producción de semilla de líneas parentales, con lo cual se podrían reconocer líneas parentales de las categorías básica, registrada o certificada, que serían el origen para la producción de híbridos de la misma categoría. Este es un vacío en la actual regulación de semillas de Perú, pues la categoría Autorizada corresponde a semilla cuya procedencia se desconoce, pero que posee suficiente identidad y pureza varietal, que ha sido sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos para la semilla certificada (excepto en lo que a su procedencia se refiere). En buena cuenta, si la semilla que se importa es vendida como tal -sin llegar a producir semilla de la categoría Autorizada a partir de ella- seguirá siendo de la clase No-Certificada, es decir las 145 348 ha sembradas con las 3 633.7 t de semilla importada de MAD (Tabla 5). No se tiene información de cuánta semilla importada pasa a la siguiente fase, es decir, a la producción de semilla Autorizada.

TABLA 5. Cálculo de la tasa de uso de semilla certificada a diciembre de 2020.

Demanda / Oferta	Cantidad (t)	%	Clase y categoría de semilla	Tasa de uso de semilla certificada
Demanda de semilla Certificada para cubrir 254 743 ha de siembra [15].	6368,58	100		
Importación de semilla en 2020. Fuente: SUNAT (2020)	3633,68	57,1	No-Certificada	
Producción de semilla en el INIA [37]	614,19	9,6	Certificada	9,6
Déficit de semilla Certificada cubierta por semilla propia (del agricultor)	2120,71	33,3	No-Certificada	

La superficie (ha) sembrada actualmente con las 2 745.9 t de semilla de los híbridos importados más usados en 2020: DK 7088, DK 399, DK 7508, DK 7500, Insignia 860 y Emblema 777 (Tabla 4), representan el 43% de la importación (O. De Córdova, datos sin publicar).

La tasa de uso de semilla certificada mostrada en la Tabla 5 es incipiente. Si la tendencia es a disminuir esta tasa; en el contexto actual es necesario mayor transferencia de tecnología, difusión, promoción de los cultivares que genera el INIA y ajustes en la normatividad actual; de lo contrario, la dependencia de semilla importada seguirá en ascenso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el Perú se siembran dos tipos de maíz, el amarillo duro (MAD) utilizado por la industria de alimentos para animales y maíz andino (MAN) o amiláceo (MAM) para consumo humano.
- La superficie sembrada con maíz en Perú es de 500 000 ha con cerca de 50% para cada tipo de maíz. El área sembrada por agricultor es menor a 1.5 ha para ambos tipos de maíz; por lo tanto, es un cultivo de agricultura familiar.
- La producción de maíz ha tenido un ritmo creciente en los últimos 60 años, sin embargo, no ha sido suficiente para satisfacer la demanda de MAD, que ha sido cubierta con la importación de más de 3 millones de toneladas de maíz por un valor de mil millones de dólares. Para el caso de MAN hay un pequeño excedente de la producción (menor al 5%) que se dedica a la exportación.
- La importación de MAD es superior al 70% de la demanda, lo que significa un problema para la seguridad alimentaria nacional. Por otro lado, existen 198 000



unidades agrícolas familiares que se dedican al cultivo de MAD, y por lo tanto deben ser consideradas en los planes de desarrollo a fin mejorar su sistema de vida al conseguir mayor rentabilidad en su sistema productivo.

- En el caso de maíz amiláceo, existe la posibilidad de que el agricultor de la sierra pueda incrementar sus ingresos diversificando los tipos de maíz que siembra y buscando estrategias para vincularlo al mercado nacional e internacional. El incremento en las exportaciones de maíz morado en los últimos años es una buena señal.
- Se debe reactivar la cadena productiva de MAD con la finalidad de definir una estrategia para incrementar la producción y eventualmente reducir las importaciones; debería gestarse un Consorcio con la participación de todos los integrantes de la cadena a fin de elaborar un plan de acción para Perú.
- Para el caso de MAN también se debe reactivar la cadena productiva con la finalidad de incrementar la rentabilidad del cultivo, vincular a los agricultores con el mercado y generar bienes con mayor valor agregado elaborando productos que consideren al maíz como materia prima.
- Tanto para MAD como para MAN, se debe tener un plan que incentive al agricultor un mayor uso de semilla certificada como un medio para incrementar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo.
- La generación de tecnologías orientadas al incremento de la producción debe considerar un manejo sostenible de los recursos naturales y deben ser amigables con el ambiente.
- Debe haber un plan de capacitación que permita mejorar el conocimiento en las diversas áreas relacionadas con el maíz.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa contribución de los colegas: Ing. MSc. Santos Maza y Silupú, Ing. MSc. Susana Chumbiauca Mateo, Ing. MSc. Lucía Pajuelo Cubillas e Ing. Virgilio Ramírez Romaní, por proporcionar las series de datos estadísticos relacionados a esta investigación; Ing. PhD. Oscar De Córdova Dianderas, por ceder información, las figuras 7 y 8 de este documento y datos relevantes sobre importación de semillas de maíz; e Ing. Pedro Injante Silva, quien contribuyó con el borrador de su estudio "Respuesta del cultivo de maíz INIA 619 "Megahíbrido" bajo labranza cero y riego por goteo en la costa del Perú" (sin publicar).

Se agradece además a la Red Latinoamericana del Maíz y al proyecto Tech Maíz, financiado por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) por haber gestionado la elaboración y publicación de este artículo.



CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflicto de interés.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Luis A. Narro León: Gestor de la idea original de la publicación y redactó: Abstract, Resumen, Introducción; El Maíz en el Perú (superficie, producción, demanda, demanda de maíz amarillo duro y consumo de carne de pollo); Conclusiones y Recomendaciones. Revisó y editó el documento.

Alexander Chávez Cabrera redactó: Uso de semilla mejorada de maíz amiláceo o maíz andino, Uso de semilla de MAD en el Perú (Cultivares de maíz amarillo duro en el Perú, Importación de semilla de maíz amarillo duro, Producción de semillas de maíz amarillo duro en el Perú), Conclusiones y Recomendaciones. Revisó y editó el documento.

Teófilo W. Jara Calvo redactó: Tecnologías disponibles y su adopción (maíz amiláceo o maíz andino, agronomía).

Teodoro P. Narro León redactó: Tecnologías disponibles y su adopción (Maíz amiláceo o maíz andino, Mejoramiento Genético, Agronomía).

Alicia E. Medina Hoyos redactó: Transferencia de Tecnología (Modelo de transferencia de tecnología).

Isaac Cieza Ruiz redactó: Maíz amarillo duro (Mejoramiento Genético, Agronomía en Costa)

Percy Díaz Chuquisuta redactó: Maíz amarillo duro (Agronomía en Selva).

Roberto Alvarado Rodríguez redactó: Maíz amarillo duro (Agronomía en Costa)

Fernando Escobal Valencia redactó: Transferencia de tecnología.



REFERENCIAS

- [1] Calzada, J. (1947). Resultados de la experimentación sobre el cultivo de maíz. Ministerio de Agricultura, Dirección de Experimentación Agrícola, Estación Experimental Agrícola La Molina. Circular No. 65.
- [2] Bocanegra, S. (1950). Producción de híbridos y variedades sintéticas de maíz amarillo para la costa central del Perú. Ministerio de Agricultura, Dirección de Experimentación Agrícola, Estación Experimental Agrícola La Molina. Boletín No 38.
- [3] Bocanegra, S. (1956). Resultados obtenidos en el Programa de Maíz en la Estación Experimental Agrícola de 'La Molina' – Campaña 1954-55. PCEA Estación Experimental Agrícola La Molina. Informe Anual 1956 Año 30. Pag 20-33.
- [4] Bocanegra, S. (1954). El maíz híbrido LM # 3. En: *La vida Agrícola*. Vol. XXX No 354.
- [5] Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2018). *Rol del INIA en el Proceso Histórico de la Investigación Agraria en el Perú*. Lima-Perú.
- [6] Grobman T, A. (2004). Fundación y desarrollo del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. En *Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [7] Salhuana M., W. (2004). Diversidad y descripción de las razas de maíz en el Perú. En *Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [8] Salhuana M, W. & Scheuch H., F. (2004). Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM). En *Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [9] Sevilla Panizo, R.; Salhuana M., W. & Chura Ch., J. (2004). La colección de germoplasma de maíz de Perú. En *Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [10] Grobman T, A; Salhuana M., W. & Sevilla P., R. in collaboration with Mangelsdorf, P.C. (1961). Races of maize in Peru: Their origins, evolution and classification. Publication 915. NAS-NRC, Washington, D.C. 1961.
- [11] Guzzon, F.; Arandia Rios, L.W.; Caviedes Cepeda, G.M.; Céspedes Polo, M.; Chávez Cabrera, A.; Muriel Figueroa, J.; Medina Hoyos, A.E.; Jara Calvo, T.W.; Molnar, T.L.; Narro León, L.A.; Narro León, T.P.; Mejía Kerguelén, S.L.; Ospina Rojas, J.G.; Vazquez, G.; Preciado-Ortiz, R.E.; Zambrano, J.L.; Palacios Rojas, N. & Pixley, K.V. (2021). Conservation and Use of Latin American Maize Diversity: Pillar of Nutrition Security and Cultural Heritage of Humanity. *Agronomy* 2021, 11, 172. <https://doi.org/10.3390/agronomy11010172>
- [12] Zambrano, J.L.; Yáñez, C.F. & Sangoquiza, C.A. (2021). Maize Breeding in the Highlands of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review. *Agronomy* 2021, 11, 212. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020212>
- [13] Scheuch H., F. & Beingolea P., L. (2004). Producción de Semilla de Híbridos Desarrollados por el PCIM. En *Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [14] Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA). (1983). Programa Nacional de Maíz: Documento Base. 70 pag.
- [15] Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2020). *Manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- [16] Narro León, T.P. & Piña Díaz, P.C. (2021). *Manual de producción de maíz amiláceo*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- [17] La zonificación ecológica económica potencial de los suelos (2022, enero 30). Recuperado de [https://www.midagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo#:~:text=En%20los%20cerros%20y%20colinas,\(andosoles\)%20de%20reacci%C3%B3n%20neutra](https://www.midagri.gob.pe/portal/43-sector-agrario/suelo#:~:text=En%20los%20cerros%20y%20colinas,(andosoles)%20de%20reacci%C3%B3n%20neutra)
- [18] Climas del Perú – Mapa de Clasificación Climática Nacional (2022, enero 30). Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/014045ENA-4.pdf>
- [19] Día nacional del maíz morado, maíz choclo y maíces para cancha (2021, noviembre 26). *Diario Oficial del Bicentenario El Peruano*. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/declaran-el-dia-05-de-mayo-de-cada-ano-como-dia-nacional-de-ordenanza-no-0337-2021-midagri-2015581-1>



- [20] Exportación de maíz blanco peruano crece 7% en volumen en el primer trimestre del 2021 (2022, enero 30). Recuperado de <https://agraria.pe/noticias/exportacion-de-maiz-blanco-peruano-crece-7-en-volumen-en-el-24116>
- [21] Medina Hoyos, A.E.; Narro León, L.A. & Chávez Cabrera, A. (2020). Cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) en zona altoandina de Perú: Adaptación e identificación de cultivares de alto rendimiento y contenido de antocianina. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 291-299. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.01>
- [22] Quevedo Willis, Sergio. (2013). *Manual Técnico: Maíz Blanco Urubamba (Blanco Gigante Cusco)*. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
- [23] Desarrollo del Comercio Exterior Agroexportador (2022, enero 30). Recuperado de <https://recursos.exportemos.pe/Desarrollo-comercio-exterior-agroexportador-2020.pdf>
- [24] Sevilla P., R. (2004). Mejoramiento de maíz en la sierra del Perú. En *Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [25] Davelouis M., J.R.; Arca B., M.N.; Valdez M., A.; Sevilla P., R.; Noriega N., V. & Benites J., J.R. (2004). Investigación agronómica en maíz. En *Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [26] Salhuana M., W.; Valdéz M., A.; Scheuch H., F. & Davelouis M., J.R. (2004). *Cincuenta Años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [27] Instituto Nacional de Investigación Agraria. (2003). Control del "gusano de la mazorca del maíz" *Heliothis zea* con aceite vegetal. Hoja Divulgativa N° 4. Agosto de 2003.
- [28] Medina Hoyos, A.E.; Yoshino, M.; Morita, T.; & Maruyama, H. (2016). *Guía de Producción Comercial de Maíz Morado: Basado en el Trabajo del Proyecto IEPARC*. Cajamarca: Martines Compañon Editores S.R.L.
- [29] Agraria.pe. (2021). Exportaciones de maíz morado crecen exponencialmente en 2020: alcanzan los US\$ 12.5 millones. <https://agraria.pe/noticias/exportaciones-de-maiz-morado-crecen-exponencialmente-en-2020-23444>
- [30] Sánchez C., H. (2004). Mejoramiento Genético en Costa y Selva. En *Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [31] Chura Ch., J.; Nakahodo N., J. & Fegan E., W. (2004). Mejoramiento Genético de Maíz en la Costa. En *Cincuenta años del Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz – (PCIM)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [32] INIA, 2008. Manejo agronómico del cultivo de maíz amarillo duro en selva baja. Serie: Iquitos – Perú. Folleto N° 1 – 2008. Noviembre, 2008.
- [33] AGRODATAPERU (2021). Maíz Amarillo Perú Importación. <https://www.agrodataperu.com/2021/04/aiz-amarillo-peru-importacion-2021-marzo.html>
- [34] Ministerio de Agricultura y Riego – SIEA. (2020). Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrjoiYzE2YzA3YWUzZGZiZi00NDZmLTliYyYyOTI1MTU5MlQ2ZjZiZWwzMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS00OTE3LTk0Yjg2ZmZmZWYzZiJ9>
- [35] Instituto Nacional de Innovación Agraria. Área de Regulación de Semillas. (2020). Registro de Cultivares Comerciales 2020.
- [36] Chumbiaca M., S. (2017). Caracterización de la Producción y Comercialización de Semillas de Maíz Amarillo Duro en el Perú. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/6249>
- [37] Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2021). Sistema de disponibilidad de Semillas, Plantones y Reproductores. <http://www.inia.gob.pe/disponibilidad-de-semillas/>