



Memorias de la  
**XXIV REUNIÓN  
LATINOAMERICANA  
DE MAÍZ**

Cajamarca, Perú  
Del 15 al 17 de junio, 2022



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



Instituto Nacional de Innovación Agraria



Siempre  
con el pueblo



BICENTENARIO  
DEL PERÚ  
2021 - 2024

¡Cuaternarios maíces, de opuestos natalicios,  
los oigo por los pies cómo se alejan,  
los huelo retornar cuando la tierra  
tropezaba con la técnica del cielo!

*(César Vallejo)*

Relieves  
la lluvia, pie danzante y largo pelo,  
el tobillo mordido por el rayo,  
desciende acompañada de tambores:  
abre los ojos el maíz, y crece.

*(Octavio Paz)*

El olor del maíz que se desgrana,  
la madre selva de la tarde pura,  
los nombres de la tierra polvorienta,  
el perfume infinito de la patria.

*(Pablo Neruda)*









**Clarinero**, José Encarnación Idrugo Castrejón, tañe el **Clarín cajamarquino** en la Plaza Mayor de Cajamarca, Perú.

*Imagen: César Bazán Velásquez*

Memorias de la  
**XXIV REUNIÓN  
LATINOAMERICANA  
DE MAÍZ**

**Cajamarca, Perú**  
Del 15 al 17 de junio, 2022



**Grupo Organizador:** Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Gobierno Regional de Cajamarca, Universidad Nacional de Cajamarca.

**Revisores:** Alexander Chávez Cabrera<sup>1</sup>, Fernando Escobal Valencia<sup>1</sup>, Teodoro Narro León<sup>1</sup>, Alicia Medina Hoyos<sup>1</sup>, Alba Lucía Arcos<sup>2</sup>, María Gabriela Albán<sup>3</sup>, Juan Chávez Rabanal<sup>4</sup>, Manuel Sigüeñas Saavedra<sup>1</sup>, Wladimir Jara Calvo<sup>1</sup>, Peter Piña Díaz<sup>1</sup>, William Guillén Padilla<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA Perú, <sup>2</sup>Consultora particular-Colombia, <sup>3</sup>Universidad San Francisco de Quito Ecuador, <sup>4</sup>Universidad Nacional de Cajamarca-Perú, <sup>5</sup>Consultor particular-Perú

**Expositores:** Alberto Chassaigne (CIMMYT); Carlos Añaños (Ajegroup); Carlos García (Hortus S.A. / APESemillas); Carlos Urrea (Universidad de Nebraska EEUU); Cesar Petrolí (CIMMYT); Clarissa Magalhães Corrêa (Genlab del Perú); Clotilde Quispe Bustamante (MIDAGRI); Daniel Alberto Presello (INTA); Daniel Saldaña (INIAF); Ebert Obando (Limagrains Brasil); Edgar Aliaga Lartiga (BACKUS); Félix San Vicente (CIMMYT); Fernando Ninamango (Ag Alumni Seed EEUU); Genry Hernandez Carrillo; Gustavo Cabrera (Gualca Seeds); Jelle Van Loon (CIMMYT); José Flores Garza (CIMMYT); José Jaime Tapia Coronado (AGROSAVIA); José Luis Gabriel Pérez (INIA España); Jose Luis Toyama (San-Ei Gen F.F.I Perú. S.A.); José Luis Zambrano (INIAP); Mario Caviedes (USFQ); Deisy Lorena Flórez Gómez (AGROSAVIA); Kai Sonder (CIMMYT); Kanwarpal S. Dhugga (CIMMYT); Lauro José Moreira Guimaraes (EMBRAPA); Luis Narro León (UNALM); Marilia Penteadó Stephan (EMBRAPA); Orsy Franklin Chávez Martínez (ICTA); Raúl Blas (UNALM); Raul Zegarra (APA); Ricardo Ernesto Preciado Ortiz (INIFAP); Ricardo Sevilla (UNALM); Teodoro Narro León (INIA); Thanda Dhliwayo (CIMMYT) y Wladimir Jara (INIA).

#### Instituciones y organismos auspiciadores:



#### Editado por:

Instituto Nacional de Innovación Agraria – INIA  
Equipo Técnico de Edición y Publicaciones  
Av. La Molina 1981, Lima-Perú  
Teléf. (511) 2402100 - 2402350.  
[www.gob.pe/inia](http://www.gob.pe/inia)

#### Nº, mes y año de edición:

Primera edición, setiembre 2022

#### 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.gob.pe/inia](http://www.gob.pe/inia)

**Tiraje:** 500 ejemplares

**Logotipo de XXIV RLM:** Alexander Chávez Cabrera (concepto); Paula Victoria Wong Zevallos (ilustración)

**Equipo de Comunicación:** César Alberto Bazán Velásquez, Katia Lorena Bazán Velásquez, Ramos Ismael Mantilla Requielme

**Citar como:** Chávez, A.; Guillen, W.; Escobal, F. 2022. Memorias de la XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Cajamarca, 238 p.

## CONTENIDO

Título	Expositor (es)	Página
Presentación		13
Producción de Maíz en Sudamérica	Luis A. Narro León	17
Estado actual del cultivo de maíz en Argentina	Daniel A. Presello; Fernando J. Giménez y Facundo J. Ferraguti	19
Situación actual y avances tecnológicos para mejorar la productividad del cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en Colombia	José Jaime Tapia Coronado; Liliana Margarita Atencio Solano; Julio Ramirez Durán ; Karen Viviana Osorio Guerrero ; Javier Castillo Sierra; Sergio Mejía Kerguelén	20
Estado actual de la producción de maíz en el Ecuador	José L. Zambrano; Mario Caviedes	22
Estado actual del maíz en Guatemala	Orsy Franklin Chávez Martínez	23
Estado actual de la producción de maíz en México	Ricardo Ernesto Preciado Ortiz	24
Situación del maíz en el Perú	Teófilo Wladimir Jara Calvo	26
Cultivos de Servicio	José Luis Gabriel Pérez	31
Mejorando las prácticas locales de la Agricultura Familiar: "Asociación de maíz con frijol voluble"	Toribio Tejada Campos	33
Cultivo de frijol seco en sistemas de cultivo alrededor del maíz	Carlos A. Urrea	39
Actualización en los procedimientos para solicitar germoplasma de maíz del CIMMYT	Alberto Antonio Chassigne Ricciulli	40
Application of molecular techniques for studies of protein diversity in maize ( <i>Zea mays</i> )	Marilia Penteadó Stephan	42
Innovación productivo-tecnológica y valor compartido en la cadena de valor del maíz amarillo duro (CV - MAD)	Gustavo Cabrera Sotomayor	44
Mejoramiento Genético del Popcorn	Fernando Ninamango Cárdenas	46

Vinculación de los cultivos andinos con la agroindustria	Carlos Añaños Jeri	49
Generación de tecnologías en maíz amiláceo en el Programa de Maíz del INIA-Perú	Teodoro Narro León	51
Calidad en el Sistema de Producción de Semillas de Maíz en Brasil	Ebert Obando Flor	52
Semillas de maíz en Colombia	Deisy Lorena Flórez Gómez; Julio Ramírez Durán	54
Evaluación del acolchado plástico en la producción de maíz harinoso ( <i>Zea mays</i> L. var. <i>amylacea</i> St.) en la Sierra del Ecuador	José L. Zambrano <sup>1</sup> ; Yamil E. Cartagena, Carlos A. Sangoquiza, Victoria A. López, Rafael Parra, Javier A. Maiguashca, José L. Rivadeneria; Chang H. Park	59
Evaluación participativa del uso de acolchado plástico para la producción de maíz suave ( <i>Zea mays</i> L. var. <i>amylacea</i> ) con agricultores de la Provincia de Cotopaxi en Ecuador.	Victoria A. López; José L. Zambrano; Yamil E. Cartagena; Carlos A. Sangoquiza; Rafael Parra; Javier A. Maiguashca; José L. Rivadeneria; Chan H. Park	71
Evaluación agronómica de maíz morado variedad Moragro ( <i>Zea mays</i> L.) en dos ambientes contrastantes del departamento de Santa Cruz, Bolivia	Víctor Choque Colque; José Padilla Ayala; Oscar David Guzmán Coya	85
Estrategias para la conservación in situ y uso sostenible de la diversidad del maíz clasificada en razas	Raúl Blas; Ricardo Sevilla	102
Representatividad de la colección de maíz de altura del Banco de Germoplasma del INIAP-Ecuador	Marcelo Tacán; Cesar Tapia; Franklin Sigcha; Alberto Roura y Álvaro Monteros-Altamirano	117
Análisis de la producción, productividad y precios del maíz en el Ecuador	Mario Caviedes Cepeda	130
Influencia de tres densidades de siembra y cuatro niveles de fertilización nitrogenada en maíz INIA 612 - Maselba	Rodrigo Gonzales Vega; Walker Augusto Cubas Pérez; Christian Córdova Díaz	142
La nueva variedad de Maíz Chulpi "INIAP-193"	Carlos F. Yáñez, José L. Zambrano; Carlos A. Sangoquiza; Marcelo R. Racines; Victoria Lopez; César Asaquibay; María Nieto	150
Impacto de bacterias promotoras de crecimiento sobre el rendimiento del	Carlos A. Sangoquiza-Caiza; José L. Zambrano-Mendoza; Carlos F.	163

cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en la Sierra del Ecuador	Yáñez-Guzmán; María R. Nieto-Beltrán; César R. Asaquiabay Inca; Verónica N. Quimbiamba Pujota; Edwin J. Naranjo-Quinaluisa; Chang H. Park	
Efectividad del manejo bionutricional líquido en el rendimiento de maíces blanco y amarillo para consumo en fresco	Galo Cedeño García; Sofía Velásquez Cedeño; Benny Avellán Cedeño	179
Respuesta del maíz a la aplicación de estiércol líquido fermentado de bovino "Biol" en la selva de San Martín, Perú	Percy Díaz-Chuquizuta; Oniel J. Aguirre-Gil; Edison Hidalgo-Meléndez	181
Ocurrencia de plagas en el cultivo del maíz ( <i>Zea mays</i> L.) en la provincia de Cajamarca y sus principales características	Ronald Leonardo Llique Morales	183
Protocolo de crianza del biocontrolador <i>Chrysoperla spp.</i>	María E. Neira; Jennifher Elizabeth Rodas	185
Alternativas ecológicas de control de <i>Spodoptera frugiperda</i> en cultivo de maíz amarillo duro	María E. Neira Espejo; Catherine P. Inoñan Yanayaco	187
Parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) en maíz ( <i>Zea mays</i> L.) presentes en ocho zonas de Lambayeque	María E. Neira; Esperanza Irigoín	189
Experiencias en control integrado del gusano mazorquero del maíz ( <i>Helicoverpa zea Boddie</i> ) en la provincia de Cajamarca con énfasis en manejo biológico	Ronald Leonardo Llique Morales	191
Paquete ecológico para el control de <i>Spodoptera frugiperda</i> en cultivo de maíz amarillo duro (MAD).	María E. Neira Espejo; Catherine P. Inoñan Yanayaco	192
Eficiencia de cuatro atrayentes trampa para controlar mosca de la mazorca ( <i>Euxesta spp.</i> ) en cultivo de maíz ( <i>Zea mays</i> L.)	Peter Chris Piña Díaz	194
Los Compuestos Raciales de Maíz para la conservación <i>in situ</i> y uso sostenible de la diversidad	Ricardo Sevilla; Raúl Blas; Julián Chura; Gilberto García	196
Aprovechamiento de la diversidad del maíz peruano para la generación de nuevas oportunidades de negocio saludables	Hugo Huanuqueño; Jorge Jiménez; Gastón Zolla	197
Evaluación del potencial forrajero de cinco	Rafael. Muñoz; Pablo W. Pintado;	199

variedades y un híbrido de maíz ( <i>Zea mays</i> L.), con tres niveles de fertilización en tres localidades del cantón Santa Isabel, Azuay - Ecuador	Javier A. Garófalo	
Ensayo de Adaptación y Eficiencia de maíces morados ( <i>Zea mays</i> L.), en el distrito de Bambamarca, provincia de Hualgayoc, Región Cajamarca	José Wilmer Manosalva Chugden, Alicia Elizabeth Medina Hoyos	200
Desarrollo y evaluación de híbridos de maíz morado de alto rendimiento y buena calidad	Teodoro Narro León	201
INIA 624 – KILLU SUK: Híbrido trilineal de maíz amarillo duro para regiones de trópico del Perú	Percy Díaz-Chuquizuta; Edison Hidalgo-Meléndez; Melbin Mendoza-Paredes; Isaac Cieza-Ruiz; Teófilo Wladimir Jara-Calvo	204
Mejoramiento Participativo del Maíz Dulce INIA 622 - Chullpi Sara en Cusco, Perú	Wladimir Jara; Andrés Castelo; César Medina y Luis Enrique Córdova	205
Evaluación preliminar de híbridos promisorios de maíz ( <i>Zea mays</i> L.) de grano amarillo para el trópico alto colombiano	Karen Viviana Osorio Guerrero; Deisy Lorena Flórez Gómez; Pablo Edgar Jimenez Ortega; Jose Jaime Tapia Coronado	207
Utilización de líneas doble haploide (LDH) en programas de mejoramiento probadas en ambientes diferentes en Colombia	Alba Lucia Arcos; Luis Narro	209
Aislamiento e identificación de hongos contaminantes en semillas almacenadas de maíz ( <i>Zea mays</i> L.)	Manuel Alfonso Patiño Moscoso; Karen Viviana Osorio Guerrero; Luisa Fernanda Sarmiento Moreno; Deisy Lorena Flórez Gómez	211
Efecto de condiciones de almacenamiento sobre la calidad fisiológica de semillas de maíz	José Jaime Tapia Coronado; Liliana Margarita Atencio Solano; Ketty Isabel Ibáñez Miranda; Luis Alfonso Sánchez Rodríguez	213
Desempeño productivo de híbridos y variedades sintéticas de endospermo blanco normal en la región caribe de Colombia	José Jaime Tapia Coronado; Liliana Atencio Solano; Ketty Ibáñez Miranda; Luis Sánchez Rodríguez	214
Evaluación del perfil de organizaciones de productores de maíz adscritas al Plan semillas en la región Caribe	José Jaime Tapia Coronado; Shirley Pérez Cantero; Liliana Margarita Atencio Solano	216

Mejoramiento genético de la nueva variedad de maíz chulpi INIAP - 193	Carlos F. Yáñez; José L. Zambrano; Carlos A. Sangoquiza; Victoria López; César Asaquibay; María Nieto	217
Análisis de brechas de rendimiento en la producción de maíz en las Américas	María Gabriela Albán	219
Análisis de la Producción, Productividad y Precios del Maíz en el Ecuador	Mario Caviedes Cepeda	221
Eletrophoretic differentiation of the protein profile in yellow and purple corn and gluten-free bread produced with their flours	Bárbara Amorim Silva; Marília Penteado Stephan; Raúl Comettant-Rabanal; Alicia E. Medina Hoyos; Alexsandro Araújo dos Santos; Tatiana de Lima Azevedo; José Luis Ramírez Ascheri	223
Impacto en el rendimiento de maíz por el uso de coberturas de suelo, para el control de malezas en <i>Zea mays</i> L. var. amilácea, en Cutervo-Cajamarca, Perú	Oscar Fernández-Aurazo; Hilda A. Del Carpio Ramos; Gilberto Chávez S.	228
Rendimiento de un híbrido de maíz en diferentes arreglos espaciales y densidades de plantas	Isaac Cieza-Ruiz; Teófilo Wladimir Jara-Calvo; Rosel Terrones-Monteza; Ana M. Córdova-López	230
Productividad de tres híbridos experimentales de maíz amarillo duro ( <i>Zea maíz</i> L.) bajo condiciones climáticas de la costa norte del Perú	Isaac Cieza Ruiz; Tito Roque Vásquez Rojas	232
Características agronómicas, componentes de producción y rendimiento de grano de híbridos de maíz ( <i>Zea mays</i> )	Isaac Cieza Ruiz; Teófilo W. Jara Calvo; Rosel Terrones Monteza; Yaneth C. Figueroa Cobeñas; Alex Valdera Cajusol	234
Novedosas investigaciones sobre antocianinas provenientes del maíz morado ( <i>Zea mays</i> L.) en los últimos años	Andrea Stephani Delgado Rospigliosi; Juan Mariano Díaz Alfaro	236



## PRESENTACIÓN

En medio de una terrible pandemia, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, a través del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, resolvió desarrollar la XXI Reunión Latinoamericana de Maíz; un gran reto que asumió la Dirección de Desarrollo Tecnológico Agrario y su Proyecto de Semillas (Proyecto 2361771: *Mejoramiento de la disponibilidad, acceso y uso de semillas de calidad de papa, maíz amiláceo, leguminosas de grano y cereales, en las regiones de Junín, Ayacucho, Cusco y Puno, Apurímac, Arequipa, Cajamarca y Lambayeque*).

Este documento es el esfuerzo conjunto de las entidades mencionadas con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT, el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo - CYTED y su Proyecto TechMaíz, la Asociación Pataz de CIA Minera Poderosa, y algunas empresas colaboradoras, que está a disposición de todos los asistentes a este magno evento realizado en la bella ciudad de Cajamarca.

La *Memoria* tiene tres componentes: (i) presentación del estado actual del maíz en los países del Área, desde Argentina hasta Venezuela; (ii) artículos científicos debidamente seleccionados; y (iii) resúmenes de posters que serán presentados a partir del segundo día del congreso.

Los trabajos incluidos permiten analizar la situación del cultivo a 2022, los avances y las proyecciones, así como los planes estratégicos e impulsos del maíz tanto en el Perú como en Latinoamérica; incluyen los sistemas de producción frente a los efectos del cambio climático, el uso de la biotecnología moderna y la innovación en los indicadores y lanzamientos de nuevas semillas de este cereal, a fin de contribuir a superar una brecha reflejada en una creciente importación de maíz amarillo duro en la mayoría de los países del Área Andina, en un magro rendimiento por unidad de superficie de maíces andinos amiláceos y en una baja tasa de uso de semilla de calidad, principalmente.

Esperamos que este documento rescate lo manifestado. Al final de la *XXIV Reunión Latinoamericana de Maíz*, elaboraremos un documento con el íntegro de las charlas y, lo más importante, con las conclusiones de esta trascendental convención.

Jorge Juan Ganoza Roncal, M. Sc.  
**Jefe del INIA**

---







**Monumento a la poeta Amalia Puga de Losada**, obra del escultor David Lozano, fue inaugurado el 8 de setiembre de 1931; se ubica en la plazuela del mismo nombre en la ciudad de Cajamarca.



**Iglesia Belén**, Cajamarca. Edificada entre los años 1672 al 1774, integra el Conjunto Monumental Belén. Se ubica en la plazuela del mismo nombre, a una cuadra de la Plaza Mayor de la ciudad.

## Evaluación del acolchado plástico en la producción de maíz harinoso (*Zea mays* L. var. *amylacea* St.) en la Sierra del Ecuador

### Evaluation of plastic mulching for floury corn production (*Zea mays* L. var. *amylacea* St.) in the highlands of Ecuador

José L. Zambrano<sup>1\*</sup>; Yamil E. Cartagena<sup>1</sup>, Carlos A. Sangoquiza<sup>2</sup>, Victoria A. López<sup>1</sup>, Rafael Parra<sup>1</sup>, Javier A. Maiguashca<sup>1</sup>, José L. Rivadeneria<sup>1</sup>; Chang H. Park<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

<sup>2</sup> Korea Program on International Agriculture (KOPIA), Estación Experimental Santa Catalina, Mejía, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: jose.zambrano@iniap.gob.ec

#### RESUMEN

El uso de acolchado en la producción de alimentos es una técnica comúnmente empleada en cultivos hortícolas para proteger a las plantas de las condiciones adversas de clima. En la Sierra del Ecuador frecuentemente se presentan sequías, lluvias irregulares y frío, por lo que el uso del acolchado podría ser una alternativa de producción que incremente el rendimiento del maíz en esta región. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento agronómico de una variedad de maíz harinoso cultivado con acolchado plástico y estimar la rentabilidad de esta tecnología. El acolchado plástico incrementó de manera significativa ( $p < 0,05$ ) la producción de choclo en un 63,61%, pasando de 3,71 t ha<sup>-1</sup> a 6,07 t ha<sup>-1</sup>. El rendimiento de grano seco tuvo un incremento de 33,08%, pasando de 2,63 t ha<sup>-1</sup> a 3,50 t ha<sup>-1</sup>. Además, se observó que el acolchado adelantó la floración femenina. Las parcelas con cobertura plástica mantuvieron una mayor humedad y temperatura en el suelo que las parcelas testigo, lo que favoreció el crecimiento de las plantas. El análisis económico determinó que la mayor rentabilidad se obtuvo en la producción de choclo con cobertura plástica con 35,91%; mientras que la parcela testigo, sin plástico, obtuvo una rentabilidad del 11,26%.

**Palabras clave:** alternativa tecnológica, cambio climático, intensificación sustentable, maíz suave, rentabilidad.

## ABSTRACT

The use of mulching for food production is a technique commonly used in horticultural crops to protect plants from adverse weather conditions and weeds. Adverse weather conditions frequently occur in the highlands of Ecuador, caused by droughts, irregular rains, and cold; therefore, the use of mulching could be an alternative to increase corn yield in this region. The objectives of this study were to evaluate the agronomic performance of a variety of flouy maize grown with plastic mulching, and estimate the profitability of its use. Mulching increased significantly ( $p < 0.05$ ) corn production by 63.61%, from 3.71 t ha<sup>-1</sup> to 6.07 t ha<sup>-1</sup>. The dry grain yield had an increase of 33.08%, from 2.63 t ha<sup>-1</sup> to 3.50 t ha<sup>-1</sup>. In addition, mulching accelerated the days to female flowering. The plots with plastic cover maintained a higher humidity and temperature in the soil than the control plots, which favored the growth of the plants. The economic analysis determined that the highest profitability was obtained in the production of corn with mulching with 35.91%; while the control plot, without plastic, obtained a return of 11.26%.

**Keywords:** Climate change, profitability, soft corn, sustainable intensification, technological alternative.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los más importantes cultivos en la región Andina o Sierra del Ecuador, debido a que posee la mayor superficie de siembra y representa un componente fundamental en la alimentación y costumbre de la población, sobre todo en el campo (Zambrano et al., 2021). El maíz de grano suave o harinoso (var. *amylacea*) es el más cultivado en la región, con una superficie cosechada de 74018 ha, y un rendimiento promedio de 1,63 t ha<sup>-1</sup> de grano en seco y 3,68 t ha<sup>-1</sup> de choclo (MAG, 2020). Una de las principales limitantes de la producción es su bajo rendimiento, causado, entre otros aspectos, por la vulnerabilidad del cultivo a eventos climáticos, entre ellos la sequía y el frío que son característicos de la región alto Andina (>2800 m s.n.m.) donde los agricultores siembran el maíz.

La utilización de láminas de plástico como cobertura del suelo (*mulching* o acolchado) es una técnica comúnmente utilizada para la producción de hortalizas, cuyo objetivo es la protección del sistema radicular de las plantas del frío, sequía, exceso de humedad, malezas y plagas (Steinmetz et al., 2016). Estas amenazas están presentes en el campo de los agricultores de la Región Alto Andina, amenazas que cada vez se vuelven más frecuentes por los efectos del cambio climático. Varios estudios realizados en Asia han demostrado la eficiencia del uso de acolchado o cobertura plástica sobre el rendimiento del cultivo de maíz, mejorando la precocidad, la eficiencia en el uso del agua, entre otros aspectos (Zhang, P. et al., 2017; Ren et al., 2017). El plástico negro durante el día absorbe la energía lumínica y calienta el suelo; ese calor queda retenido durante la noche, reduciendo el desequilibrio térmico que retarda el desarrollo de la planta cuando el suelo está frío. El viento y el sol evaporan la humedad y reseca la tierra, causando un mayor estrés hídrico, que también afecta el desarrollo del cultivo. Adicionalmente, el plástico negro impide el crecimiento de malezas que compiten con el cultivo por agua y nutrientes, mejora la eficiencia en el uso de agua, la fijación de carbono y la cantidad de materia orgánica en el suelo (Wang et al., 2020).

Una desventaja del uso de acolchado plástico con pequeños agricultores de la Sierra podría ser el costo. Existen pocos estudios sobre el beneficio económico del uso de cobertura plástica en maíz. Un estudio realizado por Zhang et al. (Zhang, G. et al. 2017) en zonas semiáridas, con precipitaciones limitadas e irregulares en China, reportó beneficios de entre 51 y 230 USD ha<sup>-1</sup>, concluyendo que esta técnica fue más productiva y rentable que el método convencional. En México, se estimó que el costo del plástico alcanzaría los 880 dólares por hectárea y el incremento de rendimiento justificaría la inversión (AGROINFO, 2011). El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento agronómico del maíz harinoso cultivado con cobertura plástica y estimar la rentabilidad y el beneficio/costo de emplear esta tecnología, en condiciones de clima y suelo característicos de la región alto Andina de la Sierra ecuatoriana.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicado en el Cantón Mejía, provincia de Pichincha, a 3050 m s.n.sm, La-

---

itud: Sur 00°22'5,55", Longitud: W 78°33'23,25", durante los meses de octubre del 2020 a junio del 2021 (a temporal, época lluviosa), cuando la mayoría de los agricultores de la Sierra cultivan maíz. Las condiciones de clima y suelo bajo los cuales se realizó el experimento se detallan en la Tabla 1. El ensayo tuvo dos tratamientos: a) cultivo de maíz con acolchado o cobertura plástica, y b) cultivo de maíz con manejo convencional (surcos al aire libre) utilizado como testigo. Los tratamientos se evaluaron utilizando un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 10,5 m de largo x 16,8 m de ancho (176,4 m<sup>2</sup>), que contenía 20 surcos separados a 0,80 m, con una planta cada 0,25 m, lo que correspondió a una densidad de 50000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se utilizó la variedad de maíz amarillo harinoso INIAP 122 (Silva, Dobronsky, & Heredia, 1997). Las variables altura de planta, altura de mazorca, días a floración femenina y peso de campo se evaluaron siguiendo las indicaciones del CIMMYT (CIMMYT, 1995). En 12 surcos se evaluó el rendimiento de maíz tierno (choclo) y en cuatro surcos el rendimiento del maíz en grano seco, ajustado al 14% de humedad. Dos surcos de cada lado se usaron como borde. Con los resultados obtenidos se realizaron Análisis de Varianza y pruebas de separación de medias con Tukey ( $\alpha=0,05$ ), utilizando el paquete estadístico INFostat. Adicionalmente, cada dos a tres días, se registró con un termómetro digital (GREISINGER GTH175/Pt) la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad, y con un DIVINER 2000 Series II (SENTEK TECH) se midió la humedad del suelo cada 0,10 m hasta 1 m de profundidad. Los valores del suelo acolchado y el control fueron analizados mediante la prueba "T de student" pareada ( $\alpha=0,05$ ). Finalmente, se analizó el costo de producción de cada tratamiento en dólares americanos (USD), ajustando los valores a los costos por hectárea; y a la cosecha se simuló una venta para obtener el ingreso económico de cada tratamiento. La rentabilidad de cada tratamiento se estimó en porcentaje, dividiendo el ingreso neto para el costo total; mientras que el beneficio/costo se estimó dividiendo el ingreso bruto para el costo total.

La preparación del suelo previo a la siembra se realizó mediante labranza convencional con maquinaria, con un pase de arada, seguido de dos pases de rastra. Para el tratamiento testigo, los surcos se realizaron con maquinaria a una distancia de 0,80 m; mientras que para las parcelas con cobertura plástica se prepararon camas de 1,40 m de ancho por 0,30 m de alto utilizando maquinaria agrícola. Las camas se cubrieron con plástico

negro tipo “mulch” de 33 micras de grueso y 1,40 m de ancho (ReyFilm Negro, REYENVAS S.A). La fertilización fue igual para todas las parcelas. Se aplicó 140 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (N), 80 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 60 kg ha<sup>-1</sup> de Potasio (K<sub>2</sub>O). El fertilizante compuesto (N, P y K) se aplicó al momento de la siembra en las parcelas testigo a chorro continuo, junto al surco; y en las parcelas con cobertura, se aplicó sobre la cama en la línea de siembra, antes de cubrir con el plástico. El nitrógeno se fraccionó en partes iguales a la siembra, a los 45 y a los 70 días. En la parcela testigo, la fertilización complementaria (45 y 70 días) se aplicó a chorro continuo, a un lado del surco; mientras que en las parcelas con cobertura plástica se realizó junto al pie de cada planta. En las parcelas con cobertura plástica se realizó un control de malezas en pre-emergencia en los sitios de siembra y en los bordes o caminos de las parcelas. La parcela control se mantuvo sin malezas mediante el uso de deshierbas manuales y herbicidas.

Tabla 1. Condiciones ambientales y de suelo donde se instaló el ensayo de evaluación de cobertura plástica en maíz en la Estación Experimental Santa Catalina, ciclo 2020-2021.

Características climáticas	Características de suelo
Elevación: 3050 m s.n.m.	Textura: Franco
Temperatura ambiental promedio: 13 °C	Materia orgánica: 7,7%
Temperatura máxima: 26 °C	N: 91 ppm A
Temperatura mínima: 3 °C	P: 93 ppm A
Precipitación acumulada (oct. 2020 - jun. 2021): 1590 mm	pH: 5,09

## RESULTADOS

El acolchado plástico incrementó significativamente ( $p < 0,05$ ) la altura promedio de las plantas de maíz, con una diferencia de 35,46 cm en relación al testigo. El acolchado también aceleró el crecimiento de las plantas, reduciendo significativamente ( $p < 0,05$ ) el tiempo de floración femenina en 12 días. Además, redujo el porcentaje de plantas de maíz sin mazorcas, pasando del 12,95% al 6,23%. En cuanto a producción de grano seco, ajustado al 14% de humedad, el uso de acolchado plástico incrementó el rendimiento del maíz en un 33,08%, a pesar de que no se observaron diferencias estadísticas significativas (Tabla 2).

Tabla 2. Características agronómicas de una variedad de maíz amarillo harinoso (INIAP-122) evaluado con cobertura plástica y el testigo en la Estación Experimental Santa Catalina.

Tratamiento	Altura de planta (cm)	Días a floración femenina	Plantas sin mazorcas (%)	Rendimiento en grano seco (t ha <sup>-1</sup> )
Cobertura	268,33 a*	126,33 a*	6,23 a	3,50 a
Testigo	236,87 b	138,67 b	12,95 b	2,63 a
Diferencia (%)	13,28	-8,89	-101,28	33,08
Sig. ADEVA	0,0387	0,0456	0,0461	0,1586
CV (%)	3,09	2,52	18,29	15,79

\*Medias seguidas con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

La producción de maíz tierno, o choclo, tuvo un incremento considerable con el uso de acolchado. El peso de campo, o peso total, tuvo un incremento del 51,82% en relación al testigo, aunque no se diferenció estadísticamente del control ( $p=0,051$ ). Con el uso de acolchado plástico, el número de mazorcas de primera calidad se incrementó en un 130% en relación al testigo, existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos ( $p<0,05$ ). De igual manera, el peso de mazorcas de primera y el peso total de mazorcas cosechadas sin brácteas tuvieron incrementos estadísticos significativos ( $p<0,05$ ) de 162,34% y 63,61%, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento de maíz tierno o choclo de INIAP-122 evaluado con cobertura plástica y testigo en la Estación Experimental Santa Catalina.

Tratamiento	Rendimiento de choclo					
	Peso de choclos † (t ha <sup>-1</sup> )	Número ha <sup>-1</sup>		Peso sin brácteas (t ha <sup>-1</sup> )		
		Primera	Segunda	Primera	Segunda	Total
Cobertura	12,95 a	21395 a*	15575 a	4,04 a	2,03 a	6,07 a
Testigo	8,53 a	9292 b	18320 a	1,54 b	2,17 a	3,71 b
Diferencia (%)	51,82	130,25	-17,62	162,34	-6,45	63,61
Sig. ADEVA	0,0510	0,0311	0,3982	0,0158	0,6407	0,0451
CV (%)	11,84	17,45	18,61	13,94	15,00	12,98

\*Medias seguidas con una letra común no son significativamente diferentes, según Tukey ( $\alpha=0,05$ ); † Peso total de la parcela, choclo con brácteas.

La prueba t determinó la existencia de diferencias significativas para temperatura y humedad del suelo. Con excepción de la humedad superficial (0,10 m), donde no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p=0,5717$ ) entre el suelo con plástico y sin plástico. El resto de lecturas fueron diferentes estadísticamente ( $p<0,05$ ), observándose que el suelo conservó una mayor humedad con el uso del acolchado plástico (Tabla 4).

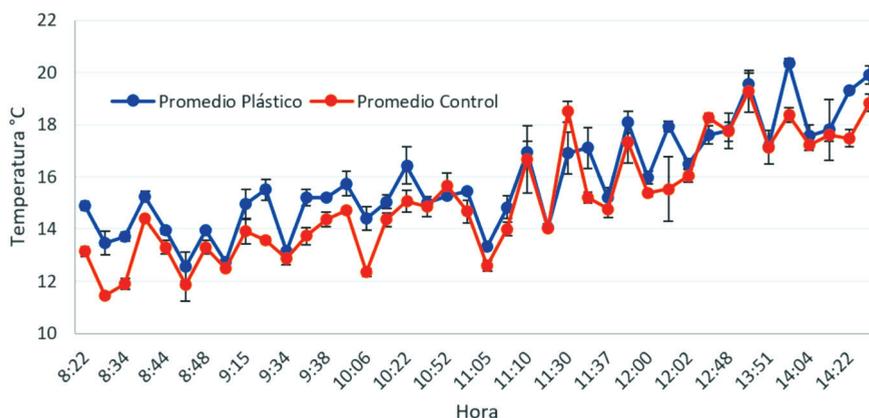
Tabla 4. Humedad del suelo (%) cultivado con maíz usando cobertura plástica a diversas profundidades de lectura en la Estación Experimental Santa Catalina, ciclo 2020-2021.

Tratamiento	Profundidad de lectura (m)							
	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00
Cobertura	31,85	37,89	39,91	40,31	40,24	40,41	38,89	39,60
Control	31,73	35,88	35,88	37,68	37,97	36,21	37,22	38,26
Valor p*	0,5717	1,31E-11	7,17E-57	3,35E-52	1,23E-53	3,51E-66	1,13E-34	1,31E-11

\*Prueba de t pareada ( $\alpha=0,05$ ),  $n=90$  observaciones para cada lectura.

A pesar que la prueba de T no encontró diferencias significativas entre las lecturas de temperaturas del suelo con plástico y sin plástico, se observó que la temperatura del suelo se incrementó a medida que el sol calentó la superficie; es decir, en ambos tratamientos se observó que a medio día la temperatura del suelo fue mayor que en las primeras horas de la mañana. Sin embargo; se evidenció una mayor temperatura (entre 2 y 3 °C) en el suelo cubierto con plástico durante las primeras horas del día y en la tarde (Fig. 1).

Figura 1. Incremento de temperatura del suelo a 5 cm de profundidad en maíz cultivado con cobertura plástica y control durante el día en la época lluviosa, ciclo 2020-2021.



Las barras representan el error estándar.

El análisis económico de los tratamientos determinó que el uso de cobertura plástica obtuvo la mayor rentabilidad y mayor beneficio/costo, tanto para la producción en choclo como en grano seco. Existió una diferencia en los costos variables de 550,5 USD y 493,4 USD para la producción de maíz choclo y granos seco, respectivamente, debido principalmente al incremento en la preparación del suelo por la compra e instalación del plástico. Se estimó que el plástico tenga una vida útil de dos años, por lo que su valor fue prorrateado. Con el uso de acolchado, la rentabilidad fue mayor en la producción de choclo (35,91%) que en la producción de grano seco (20,36%) (Tabla 5).

Tabla 5. Costos de producción y beneficio económico del uso de cobertura plástica en la producción de maíz en choclo y grano seco de una variedad de maíz amarillo harinoso (INIAP-122), en dólares americanos. Estación Experimental Santa Catalina, ciclo 2020-2021.

Actividad	Producción de choclo (USD)		Producción de grano seco (USD)	
	Cobertura	Testigo	Cobertura	Testigo
Preparación del suelo	1060,00	260,00	1060,00	260,00
Siembra y fertilización inicial	654,50	542,00	654,50	542,00
Labores culturales	540,00	972,00	540,00	972,00
Cosecha, post cosecha y venta	697,30	627,30	686,90	673,60
Total Costos Variables	2951,80	2401,30	2941,40	2447,60
Costos Fijos	316,47	276,10	327,96	289,69
Costo Total	3268,27	2677,40	3269,36	2737,29
Ingreso Bruto	4442,00	2979,00	3935,00	2890,00
Ingreso Neto	1173,73	301,60	665,64	152,71
Rentabilidad (%)	35,91	11,26	20,36	5,58
Beneficio/Costo	1,36	1,11	1,20	1,06

## DISCUSIÓN

Varias investigaciones realizadas en Asia han demostrado que el maíz cultivado con acolchado plástico mejora el crecimiento de los cultivos, la absorción de agua y nutrientes, el rendimiento del grano y la eficiencia en el uso del agua debido a una mayor disponibilidad de humedad y a una mejora de las condiciones térmicas en el suelo (Mo et al., 2017; Jia et al., 2018). Esta tecnología no había sido probada en la Sierra del Ecuador, donde existen condiciones de frío y falta de agua, que se acrecientan con los efectos del cambio climático. En esta investigación se observó un incremento en el

rendimiento del cultivo; que fue más evidente y estadísticamente significativos ( $p < 0,052$ ) para la producción de maíz tierno o choclo, que tuvo incrementos de entre 51,82% hasta 162,34%, dependiendo de la variable de producción evaluada (Tabla 3). El rendimiento de maíz en grano seco tuvo un incremento de 33,08%, que a pesar de no ser estadísticamente significativo, incrementó el rendimiento de 2,63 a 3,50 t ha<sup>-1</sup>. En el ensayo existió una merma en el dato de maíz seco debido al daño que sufrieron las mazorcas por los pájaros, que incrementó la variabilidad y redujo el promedio, sobre todo en el tratamiento con acolchado que tenía las mazorcas más grandes y fue donde los pájaros atacaron en mayor medida. El incremento de rendimiento del maíz observado en las parcelas con cobertura plástica se explica porque el suelo retuvo una mayor cantidad de humedad, sobre todo en los primeros 0,20 a 0,60 cm de profundidad (Tabla 4), y una mayor temperatura (Fig. 1), lo que redujo el estrés y mejoró el desarrollo vegetativo del cultivo, expresado en una mayor altura de planta y reducción en los días a floración femenina (Tabla 2); por lo tanto, el uso de acolchado plástico sería un sistema de cultivo eficaz para mejorar la humedad en el suelo y la absorción de agua de las raíces para incrementar la producción de maíz en la agricultura de secano (bajo condiciones de lluvia).

Los resultados obtenidos son similares a los reportados en el Nor-oeste de China, donde el acolchado plástico incrementó el rendimiento promedio del cultivo de maíz debido a un mayor contenido de humedad en los primeros 30 cm del suelo (hasta 11% más que el control sin plástico), lo que mejoró el desarrollo radicular de las plantas (Thidar et al., 2020). El incremento de rendimiento obtenido en el maíz cultivado en Santa Catalina para grano seco (33,08%) puede ser comparado con el incremento promedio en grano seco obtenido en un Meta-análisis realizado en China, donde se evaluó el efecto del acolchado plástico en la producción de maíz de 266 estudios publicados entre 1980 a 2017, y obtuvo un incremento promedio de 24,32% (Gao et al., 2019).

Una de las posibles limitaciones que puede tener esta tecnología es su costo. En Ecuador, el rollo de 500 metros se consigue en alrededor de 160 USD. Este incremento en el costo de producción se evidencia en la Tabla 5, donde el costo de preparación del suelo se incrementó en 800 USD. Es necesario indicar que el costo del plástico se pro-rateo a dos años, considerando el tiempo mínimo de vida útil. A pesar de este incremento en el costo de producción, la producción de maíz utilizando cobertura plástica

obtuvo la mayor rentabilidad, tanto para la producción de choclo como de grano seco. Fue más rentable la producción de choclo (rentabilidad de 35,91%) ya que se obtuvo un mejor rendimiento y un mejor precio de venta en el mercado, que la producción de grano seco (rentabilidad de 20,36%). Los costos de producción obtenidos en la parcela sin plástico son similares a los reportados por Zambrano y colaboradores (Zambrano et al., 2021). Estos resultados corroboran lo reportado en China, donde el ingreso neto promedio de dos años aumentó en \$236 USD ha<sup>-1</sup> en comparación con el control sin plástico, siendo el acolchado plástico el tratamiento más rentable para la producción de maíz en el estudio (Zhang et al., 2017).

## CONCLUSIÓN

El acolchado plástico incrementó el rendimiento de maíz harinoso en choclo y grano seco en 63,61% y 33,08%, respectivamente, cultivado a temporal (época lluviosa) en la Estación Experimental Santa Catalina en la Sierra del Ecuador. Además del incremento del rendimiento, se observó una reducción en el ciclo productivo y una mayor altura de planta. El análisis económico determinó que la producción de choclo con acolchado plástico fue el tratamiento que obtuvo la mayor rentabilidad (35,91%) y el mejor beneficio costo (1,36). Es necesario continuar con las evaluaciones en otras regiones del país, sobre todo con agricultores, para confirmar los resultados y estimar un beneficio económico más representativo para los productores de maíz en la Sierra del Ecuador.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al Programa Coreano en Agricultura Internacional (KOPIA) en Ecuador por financiar el presente estudio.

## REFERENCIAS

- AGROINFO. (2011). Buscan impulsar la siembra de maíz con acolchado plástico. Retrieved from [https://www.infoagro.com/noticias/2011/5/18034\\_buscan\\_impulsar\\_siembra\\_maiz\\_acolchado\\_plastico.asp](https://www.infoagro.com/noticias/2011/5/18034_buscan_impulsar_siembra_maiz_acolchado_plastico.asp)
- CIMMYT. (1995). Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del CIMMYT.
- Gao, H., Yan, C., Liu, Q., Ding, W., Chen, B., & Li, Z. (2019). Effects of plas-

- tic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 651, 484-492. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.105>
- Jia, Q., Chen, K., Chen, Y., Ali, S., Manzoor, Sohail, A., & Fahad, S. (Invalid date). Mulch covered ridges affect grain yield of maize through regulating root growth and root-bleeding sap under simulated rainfall conditions. *Soil and Tillage Research*, 175, 101-111. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2017.08.017>
- MAG. (2020). Cifras agroproductivas. sistema de información pública agropecuaria. Retrieved from <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
- Mo, F., Wang, J., Zhou, H., Luo, C., Zhang, X., Li, X., . . . Xiong, Y. (2017). Ridge-furrow plastic-mulching with balanced fertilization in rainfed maize (*Zea mays* L.): An adaptive management in east african plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*, 236, 100-112. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.01.014>
- Ren, X., Chen, X., Cai, T., Wei, T., Wu, Y., Ali, S., . . . Jia, Z. (2017). Effects of ridge-furrow system combined with different degradable mulching materials on soil water conservation and crop production in semi-humid areas of china. *Frontiers in Plant Science*, 8
- Silva, E., Dobronsky, J., & Heredia, J. (1997). NIAP-122 chaucho mejorado: Variedad de maíz amarillo harinoso semi-precoz para la provincia de imbabura. ( No. Plegable No. 159). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., . . . Schaumann, G. E. (2016). Plastic mulching in agriculture. trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Science of the Total Environment*, 550, 690-705. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.153>
- Thidar, M., Gong, D., Mei, X., Gao, L., Li, H., Hao, W., & Gu, F. (2020). Mulching improved soil water, root distribution and yield of maize in the loess plateau of northwest china. *Agricultural Water Management*, 241, 106340. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106340>
- Wang, L., Coulter, J. A., Li, L., Luo, Z., Chen, Y., Deng, X., & Xie, J. (2020). Plastic mulching reduces nitrogen footprint of food crops in china: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 748, 141479. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141479>
- Zambrano, J. L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Garcés, S., . . . Racines, M. (2021). Guía para la producción sosten-

- table de maíz en la sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador: INIAP. Retrieved from <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5796>
- Zhang, G., Liu, C., Xiao, C., Xie, R., Ming, B., Hou, P., . . . Li, S. (Invalid date). Optimizing water use efficiency and economic return of super high yield spring maize under drip irrigation and plastic mulching in arid areas of china. *Field Crops Research*, 211, 137-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.026>
- Zhang, P., Wei, T., Cai, T., Ali, S., Han, Q., Ren, X., & Jia, Z. (2017). Plastic-film mulching for enhanced water-use efficiency and economic returns from maize fields in semiarid china. *Frontiers in Plant Science*, 8
-

**XXIV  
REUNIÓN  
LATINOAMERICANA  
DE MAÍZ**

Cajamarca - Perú  
Junio de 2022





**Memorias de la XXIV Reunión  
Latinoamericana del Maíz 2022,**  
edición digital, se terminó de  
editar en Cajamarca, Perú,  
en julio de 2022.



*Instituto Nacional de Innovación Agraria*

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



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego

ISBN: 978-9972-44-100-4



9 789972 441004