

ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

PROGRAMA DE MAÍZ



INFORME ANUAL 2021



ENERO, 2022



INFORME 2021

PROGRAMA DE MAÍZ

Director de la Estación Experimental Santa Catalina: Ing. Karla Tinoco / Ing. Jorge Rivadeneira

Responsable del Programa de Maíz: Dr. José Luis Zambrano Mendoza

Equipo técnico multidisciplinario I+D:

- Ing. Carlos Sangoquiza (KOPIA)
- Ing. Diego Campaña, Programa de Maíz EESC, INIAP (Hasta mayo 2021)
- Ing. Elena Villacres, Departamento de Nutrición y Calidad, INIAP
- Dr. Yamil Cartagena, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, INIAP
- Ing. Victoria López, Transferencia de Tecnología, INIAP
- Ing. César Asaquibay, Transferencia de Tecnología, INIAP
- Ing. María Nieto, Transferencia de Tecnología, INIAP
- Ing. José Velásquez, Departamento de Producción de Semilla, INIAP
- Dr. César Tapia, Departamento de Recursos Fitogenéticos, INIAP

FINANCIAMIENTO: INIAP (Gasto Corriente), KOPIA

PROYECTOS:

Generación de tecnologías para incrementar los rendimientos de maíz choclo y seco para la región interandina (INIAP, Gasto corriente-PAC: \$ 2.000 USD). 2018-2022.

Desarrollo de tecnologías para el cultivo de maíz utilizando biofertilizantes en la Sierra del Ecuador (KOPIA: \$ 50.000 USD). 2019-2021.

SOCIOS ESTRATÉGICOS PARA INVESTIGACIÓN:

- Universidad Estatal de Bolívar (UEB)
- Ministerio de Agricultura (MAG), Dirección Provincial Agropecuaria de Chimborazo
- Universidad San Francisco de Quito
- Universidad Técnica del Norte
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)
- Red Latinoamericana de Maíz (Redlatam)
- KOPIA

PUBLICACIONES:

- Zambrano, J.L., Velásquez, J., Peñaherrera, D., Sangoquiza, C., Cartagena, Y., Villacrés, E., Garcés, S., Ortiz, R., León, J., Campaña, D., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Sanmartín G., Pintado, P., Yáñez, C., Racines, M. (2021). Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana. INIAP, Manual No. 122. Quito, Ecuador.
- J. L. Zambrano, C. Sangoquiza, C.Y. Cartagena, M. Carrillo, W. Durango, R. Parra, D. Campaña. 2021. Deficiencias nutricionales en maíz. Programa Nacional de Maíz y Centro KOPIA-Ecuador. Infografía.
- J. L. Zambrano, C. Sangoquiza, C.Y. Cartagena, M. Carrillo, W. Durango, R. Parra, D.

- Campaña. 2021. Síntomas de deficiencias de nitrógeno (N) en maíz. Programa Nacional de Maíz y Centro KOPIA-Ecuador. Infografía.
- J. L. Zambrano, C. Sangoquiza, C. C. Tapia, M. Tacán, A. Monteros, D. Campaña. 2021. Recursos genéticos de maíz en la Sierra. Programa Nacional de Maíz y Centro KOPIA-Ecuador. Infografía.
 - Zambrano, José L., Carlos F. Yáñez, and Carlos A. Sangoquiza. 2021. "Maize Breeding in the Highlands of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review" *Agronomy* 11, no. 2: 212. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020212>
 - Zambrano-Mendoza, J.L., Carlos A. Sangoquiza-Caiza, Diego F. Campaña-Cruz and Carlos F. Yáñez-Guzmán (2021). Use of Biofertilizers in Agricultural Production. In: Technology in Agriculture, Fiaz Ahmad and Muhammad Sultan (Ed), IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.98264.
 - Albán, M.G., Caviedes, G. M., Zambrano, J. L. (Ed.) (2021) Memorias del I Simposio Ecuatoriano del Maíz. Archivos Académicos USFQ, 38, 1–54
 - Sangoquiza Caiza, C. A., Viera Tamayo, Y., Yáñez Guzmán, C. F., & Zambrano Mendoza, J. L. (2021). Efecto del estrés salino sobre el crecimiento de plántulas de maíz variedad "Tayuyo" en condiciones in vitro. *Centro Agrícola*, 48(2), 14-23.
 - Sangoquiza, C., Zambrano, J.L., Beltrán, M., *et al.* (2021). Efecto de la aplicación de bacterias promotores del crecimiento vegetal *Azospirillum* sp y *Pseudomonas fluorescens* sobre el cultivo de maíz de altura. Archivos Académicos USFQ, 38, 40
 - Zambrano, J. L., Yáñez, C., Sangoquiza, C., López, V., Asaquibay, C., Nieto, M., Villacrés, E., Quelal, M., Velásquez, J., Chalampiente, D., Lima, J. (2021). Mejoramiento genético de maíz (*Zea mays* L.) Chulpi y Canguil en la Sierra del Ecuador. Archivos Académicos 38, 49-50.
 - Guerrero, V., Zambrano, J.L., Sangoquiza, C., *et al.* (2021). Uso de acolchado plástico en la producción de maíz suave (*Zea mays* L. var. *amylacea*). Archivos Académicos USFQ, 38, 37-38.
 - Cartagena, Y., Zambrano, J., Parra, A., *et al.* (2021) Evaluación del uso eficiente del agua en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad INIAP 101, con diferentes niveles de fertilización. Archivos Académicos USFQ, 38, 15-16.

PARTICIPACIÓN EN EVENTOS DE DIFUSIÓN:

- Miembro del Comité Organizador y expositor en el I Simposio Ecuatoriano del Maíz: Ciencia, Tecnología e Innovación 2021. Octubre de 2021.
- Organización del día de campo "Investigación y desarrollo para la producción sustentable de maíz en la sierra ecuatoriana". Diciembre 2021.
- Capacitación a técnicos del MAG de Pichincha y Bolívar sobre el "Uso de biofertilizantes y otras técnicas de producción sustentable de maíz para la Sierra ecuatoriana". Octubre y Noviembre de 2021.
- Organización y participación de tres días de campo (Proyecto –KOPIA), en las provincias de Imbabura (septiembre), Chimborazo (octubre) y Bolívar (noviembre).
- Lanzamiento del Proyecto Tech-Maíz (agosto 2021).
- Cierre del proyecto KOPIA (diciembre 2021).

PROPUESTAS PRESENTADAS

PROPUESTA 1.

Título: Desarrollo de tecnologías para el cultivo de maíz con la aplicación de biofertilizantes en la Sierra del Ecuador, Fase II (escalamiento).

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: KOPIA

Fecha presentación: Junio del 2021

Responsable: Dr. José Luis Zambrano.

Equipo multidisciplinario: Programa de Maíz INIAP, Unidades de Desarrollo Tecnológico, INIAP.

Duración proyecto: 36 meses

Estado: Aceptado

PROPUESTA 2.

Título: Semillas Andinas: Investigación, Desarrollo e Innovación para una Agricultura Sustentable en la Sierra del Ecuador

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: FIASA

Fecha presentación: Septiembre del 2021

Responsable: Dr. José Luis Zambrano.

Equipo multidisciplinario: Programas de Mejoramiento Genético de EESC, Unidades de Desarrollo Tecnológico EESC y EEA, y Departamento de Producción de Semillas del INIAP.

Duración proyecto: 36 meses

Estado: En revisión

PROPUESTA 3.

Título: Consorcio de PGPR biofertilizadoras y biopesticidas en maíz.

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: FONTAGRO

Fecha presentación: agosto del 2021

Responsable: Dr. José Luis Zambrano.

Equipo multidisciplinario: Programas de Maíz y DNPV de EESC y EEP.

Duración proyecto: 36 meses

Estado: Negado

PROPUESTA 4.

Título: "Mulching Tech", tecnología de producción de granos en condiciones adversas de cultivo en los Andes de Ecuador y Perú.

Tipo propuesta: Perfil

Fondos o Convocatoria: FONTAGRO

Fecha presentación: Marzo del 2021

Responsable: Dr. José Luis Zambrano.

Equipo multidisciplinario: Programa de Maíz, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, Unidades de Desarrollo Tecnológico, del INIAP.

Duración proyecto: 36 meses

Estado: Negado

PROPUESTA 5.

Título: Desarrollo de una variedad mejorada de maíz (*Zea mays* L.) tipo “Chazo” para la zona central de la Sierra del Ecuador.

Tipo propuesta: Proyecto

Fondos o Convocatoria: ECUAQUÍMICA, Universidad Técnica de Ambato

Fecha presentación: Octubre del 2021

Responsable: Dr. José Luis Zambrano.

Equipo multidisciplinario: Programa de Maíz, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas, Unidades de Desarrollo Tecnológico de EESC-INIAP.

Duración proyecto: 36 meses

Estado: Aprobado

TABLA DE CONTENIDO

PROPUESTAS PRESENTADAS.....	4
ACTIVIDAD 1-2: (E1) Décimo ciclo de medios hermanos de una variedad promisorio de chulpi y, mantenimiento de semilla de fitomejorador de INIAP-199 (E2), INIAP-101 (E3) e INIAP-122 (E4) (MH).	8
1. Introducción.....	8
2. Justificación.....	9
3. Objetivos	9
4. Materiales y métodos.....	9
5. Metodología.....	10
6. Manejo específico de los ensayos de mejoramiento.....	12
7. Resultados	14
8. Conclusiones	24
9. Referencias bibliográficas	24
A3. Tercer ciclo de evaluación de biofertilizante en Imbabura, Bolívar y Chimborazo (KOPIA)	25
1.- Resumen	26
2.-Antecedentes	26
3. Objetivos	27
5. Resultados	29
6.- Conclusiones.....	35
7. Cronograma de actividades	34
8. Referencias bibliográficas	36
A4. Evaluación del uso de acolchado plástico en maíz en Pichincha y Cotopaxi	37
1. Título de la actividad.....	38
2. Antecedentes	38
3. Justificación.....	39
4. Objetivos	39
5. Hipótesis	39
6. Materiales y métodos.....	39
7. Manejo específico del experimento.	41
8. Resultados	43

10. Conclusiones	45
A5. Ensayo DHE de nueva variedad de chulpi.....	48
1. Título de la actividad	49
2. Antecedentes	49
3. Justificación.....	49
4. Objetivos	50
5. Hipótesis	50
6. Materiales y métodos	50
7. Manejo específico del examen DHE.....	52
8. Resultados	53
9. Referencias bibliográficas	55

ACTIVIDAD 1 y 2: Décimo ciclo de medios hermanos de una variedad promisorio de chulpi y, mantenimiento de semilla de fitomejorador de INIAP-199 (Racimo de Uva), INIAP-101 e INIAP-122.

LOCALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Lotes de la EESC Lotes de la Sección Oriental de la EESC
RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD:	Dr. José Luis Zambrano
EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO:	Ing. Carlos Sangoquiza (KOPIA) Ing. Diego Campaña +
FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD:	(E1): 03/09/2020 (chulpi promisorio) (E2): 19/10/2020 (INIAP-199) (E3): 21/10/2020 (INIAP-101) (E4): 05/11/2020 (INIAP-122)
FECHA DE TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD:	31/12/2021
PRESUPUESTO:	1.400 USD
TÍTULO DEL PROYECTO:	Mejoramiento Genético de Maíz de altura
ÁREA DE INVESTIGACIÓN:	Incremento de la Productividad
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Mejoramiento Genético

1. Introducción

El mejoramiento poblacional permite generar variedades mejoradas de polinización libre, para ello se utiliza la Selección de Familias de Medios Hermanos (SFMH). La principal ventaja de este sistema es que la selección se puede basar en el comportamiento del surco/familia así como en el de la planta individual. En el maíz, cada mazorca en polinización abierta es una mazorca medio hermana, donde se conoce solamente la identidad del progenitor femenino. Este sistema permite la eliminación de surcos/familias indeseables en las etapas tempranas, la selección de las plantas polinizadoras en buenos surcos/familias y finalmente la selección de solamente las mejores mazorcas de los surcos seleccionados (CIMMYT, 1999).

En el ciclo 2020-2021, utilizando la metodología de selección de Medios Hermanos (MH) se realizaron los siguientes ciclos de mejoramiento poblacional y producción de semilla de fitomejorador: 1) Noveno ciclo de MH de chulpi 125 familias, 2) MH de INIAP-199 (68 familias), 3) MH de INIAP-101 (154 familias).

2. Justificación

En varias regiones de la Sierra los agricultores que cultivan variedades locales o criollas de maíz contribuyen a la conservación y generación de la diversidad genética del cultivo. Sin embargo, estos maíces requieren de mejoramiento genético, pues existen características de planta y mazorca que deben ser mejorados para asegurar una mayor productividad y resistencia a plagas y enfermedades. Además, es importante mantener un suministro de semilla de fitomejorador de las variedades vigentes al Departamento de Producción para continuar con los procesos de certificación de semilla.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Generar nuevas variedades de maíz para la Sierra ecuatoriana, con buenas características de rendimiento y calidad (tipo) de grano y mantener las poblaciones de maíz que tienen vigencia en el mercado de semillas formal.

3.2. Objetivos Específicos

- Seleccionar mediante la metodología de Medios Hermanos (MH) al menos 20 mazorcas (familias) de la población chulpi compuesta de 125 familias.
- Seleccionar mediante la metodología de Medios Hermanos (MH) al menos 20 mazorcas (familias) de INIAP-199 compuesta de 68 familias.
- Seleccionar mediante la metodología de Medios Hermanos (MH) al menos 20 mazorcas (familias) de INIAP-101 compuesta de 154 familias.
- Seleccionar mediante la metodología de Medios Hermanos (MH) al menos 20 mazorcas (familias) de INIAP-122 compuesta de 108 familias.

4. Materiales y métodos

4.1. Material biológico:

- Semilla de maíz de las poblaciones de maíz chulpi, INIAP-199, INIAP-101

4.2. Materiales de campo:

- Plaguicidas
- Fertilizantes
- Flexómetro
- Estacas
- Piola

- Baldes plásticos

4.3. Maquinaria y Equipos:

- Tractor e implementos de labranza
- Azadones
- Bomba de fumigar
- Cámara fotográfica
- GPS
- Altímetro

5. Metodología

5.1. Selección de Familias de Medios Hermanos (MH), modalidad mazorca por surco.

En la Sección Oriental de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, se implementaron lotes de selección en los cuales se utilizó la metodología de selección de Medios Hermanos, la misma que señala que las mazorcas se dispondrán en lotes aislados de cruzamientos de familias de medios hermanos, mazorca por surco (CIMMYT, 1999).

5.1.2. Características de los sitios experimentales.

Tabla 1. Ubicación geográfica de los ensayos de medios hermanos de maíz. Ciclo 2020-2021.

UBICACIÓN	(MH) INIAP-199	(MH) INIAP-101 / INIAP-122	(MH) Maíz Chulpi
Provincia	Pichincha	Pichincha	Pichincha
Cantón	Mejía	Mejía	Mejía
Parroquia	Uyumbicho	Cutuglagua	Uyumbicho
Sitio	Sección Oriental	Sección Oriental	Sección Oriental
Lote	Chilcapamba franja 3	EESC	La celda franja 2
Altitud	2 773 msnm ¹	3061 msnm ¹	2 773 msnm ¹
Latitud	00°22'20.52" ¹	0°22'0.92" ¹	0°22'22.07" ¹
Longitud	78°30'56.03" ¹	78°33'18.58" ¹	78°30'55.68" ¹
Topografía	Plano	Plano	Plano
Tipo de suelo	Franco	Franco	Franco

¹ Fuente: Datos tomados por GPS, 2020

5.1.3. Factores en estudio

125 familias de la población Chulpi, 68 familias de INIAP-199, 154 familias de INIAP-101 y 108 familias de INIAP-122.

5.1.4. Área experimental: En la Tabla 2 se presenta el área experimental del ensayo y las características de la parcela.

Tabla 2. Área Experimental del ensayo de medios hermanos de maíz chulpi, INIAP-199, INIAP-101 (ciclo 2020-2021).

Características	(MH)INIAP-199	(INIAP)-101 /INIAP-122	Maíz Chulpi (MH)
Área total del ensayo	1000 m ²	1500 m ²	1500 m ²
Densidad de siembra	50000 plantas ha-1	50000 plantas ha-1	50000 plantas ha-1
Distancia entre plantas	0,25 m	0,25 m	0,25 m
Distancia entre surcos	0,80 m	0,80 m	0,80 m
Número de plantas por surco	21	21	21
Longitud del surco	5 m	5 m	5 m
Número de surcos machos	1 cada dos hembras	1 cada dos hembras	1 cada dos hembras
Número de surcos hembras	1 por familia(68)	1 por familia (152)	1 por familia (125)
Número total de surcos machos	34	76	63
Número de semillas por sitio	1	1	1

(MH) = Medios Hermanos

5.2. Métodos de evaluación agronómica de los ensayos de mejoramiento

Para la evaluación agronómica se utilizaron los descriptores morfo-agronómicos propuestos por IBPGR (1991) y el CIMMYT (1999) "Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz", los cuales se describen a continuación:

5.2.1. Plantas establecidas. Se refiere al número de plantas por parcela de un surco. El número de plantas establecidas se determinó aproximadamente tres semanas después de la siembra.

5.2.2. Días a la floración. Se registró el número de días transcurridos, desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50 % de las plantas de la parcela tienen estigmas de 2-3 cm de largo.

5.2.3. Altura de la planta. Se tomaron en 5 plantas seleccionadas al azar y se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a dividirse la espiga (panoja). Esta variable se registró en centímetros.

5.2.4. Altura de la mazorca. En las mismas 5 a 10 plantas cuya altura se midió, se determinó la distancia en centímetros, desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta.

5.2.5. Acame de raíz. Los datos sobre el acame de tallo y de raíz se tomaron al final del ciclo, justo antes de la cosecha, esta variable fue expresada en porcentaje.

5.2.6. Acame de tallo. Se registró el número de plantas con tallos rotos abajo de las mazorcas, esta variable se expresó en porcentaje.

5.2.7. Número de plantas cosechadas. Se registró el número de plantas cosechadas en la parcela, sin importar que la planta tenga una mazorca, dos mazorcas o ninguna.

5.2.8. Peso de campo. Después de cosechar todas las plantas, se registró en kilogramos y hasta con un decimal el peso de campo de las mazorcas con la tuza.

5.2.9. Número total de mazorcas. Se registró la cantidad total de mazorcas cosechadas, excluyendo las mazorcas secundarias que sean muy pequeñas.

5.2.10. Aspecto de la mazorca. Después de la cosecha y antes de tomar una muestra para determinar la humedad, se extendió la pila de mazorcas frente a cada parcela y se calificó características tales como daños por enfermedades e insectos, tamaño de la mazorca, llenado del grano y uniformidad de las mazorcas según una escala de 1 a 5, donde 1 es óptimo y 5, muy deficiente. Estos resultados fueron registrados en números enteros.

5.2.11. Porcentaje de humedad. Se tomaron 10 mazorcas de cada parcela y se desgranaron 2 hileras centrales de cada mazorca, se mezcló el grano obtenido y con esta muestra a granel se determinó el porcentaje de humedad en el grano en el momento de la cosecha.

5.12.12. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$). Para el cálculo de rendimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{PC \times D \times MS}{86 \times AP} \times 1000$$

Dónde:

PC= Peso de campo expresado en Kg

D= Desgrane expresado en forma decimal

MS= Materia seca expresado en forma decimal

86= Porcentaje de materia seca (constante)

AP= Área de la parcela neta en m^2

6. Manejo específico de los ensayos de mejoramiento

6.1. Preparación del suelo. La preparación del suelo se realizó mediante labranza convencional. Primero la arada, seguido de dos pases de rastra y la surcada a una distancia de 80 cm.

6.2. Fertilización. Se realizó de acuerdo al análisis inicial de suelo donde se aplicó 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) y 40 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅). El fertilizante compuesto se aplicó a la siembra a chorro continuo al fondo del surco y el nitrógeno fue fraccionado el 50 % a la siembra y el resto después de los 45 días.

6.3. Siembra. Se realizó manualmente colocando 1 semilla de maíz a una distancia de 25 cm entre plantas y 80 cm entre surcos.

6.4. Rascadillo. El rascadillo se realizó a los 45 días después de la siembra, esta labor ayuda a romper la costra endurecida del terreno para permitir que las raíces superficiales se desarrollen.

6.5. Aporque. Esta labor se realizó a los 60 días después de la siembra, esta labor consistió en arrimar tierra alrededor de la planta con el objeto de ayudar al sostén de la planta.

6.6. Eliminación de plantas atípicas. Antes de la floración se realizó la eliminación de plantas atípicas, enfermas, etc., con el objeto de mantener la uniformidad dentro de cada familia.

6.7. Control de malezas. El control de malezas se realizó aplicando Glifopac en pre emergencia, además se realizaron deshierbas manuales.

6.8. Control de plagas. Se realizó el control del gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) y mosca de mazorca (*Euxesta eluta*), con aplicaciones del insecticida Clorpilaq.

6.9. Desespigamiento de surcos hembras. Al inicio de la floración los surcos hembra (H) se desespigaron manualmente, mientras que los surcos machos (M), polinizaron a los surcos hembras.

6.10. Cosecha y selección. Se realizó a la madurez fisiológica, registrando: número de plantas cosechadas, número de mazorcas, peso de campo expresado en kilogramos y porcentaje de humedad. La cosecha se realizó en forma individual en cada una de las plantas de cada familia, depositando la o las mazorcas al filo de la planta. Las mazorcas seleccionadas dentro de cada familia, se depositaron al inicio del surco para continuar con la selección entre familias.

Finalmente, las mazorcas seleccionadas fueron etiquetadas y almacenadas previa una desinfección para continuar con el siguiente ciclo de mejoramiento.

6.11. Almacenamiento. Los materiales cosechados, previo almacenamiento son expuestos al sol y una vez secos (13% de humedad), serán almacenados en un lugar fresco. Las mazorcas seleccionadas fueron etiquetadas y almacenadas previa una desinfección. Las semillas de estas mazorcas seleccionadas se emplearán en el siguiente ciclo de selección.

7. Resultados

La Tabla 1 muestra los datos agronómicos y rendimiento de 125 familias del décimo ciclo (MH) de maíz chulpi. De las 125 familias sembradas se seleccionaron 80 familias y un total de 206 mazorcas. Los promedios generales de la población indican 133 días a la floración masculina; 278 y 194 cm de altura de planta y mazorca respectivamente, con un rendimiento de 3,0 t ha⁻¹. En tanto que de las 79 familias seleccionadas se obtuvo promedios de 133 días a la floración masculina; 280 y 194 cm de altura de planta y mazorca respectivamente y un rendimiento de 3,7 t ha⁻¹. Los diferenciales de selección muestran un aumento de 2 cm para altura de planta; en cuanto al rendimiento, este obtuvo una ganancia de 0,7 t ha⁻¹.

Tabla 1. Datos agronómicos y rendimiento de 125 familias del décimo ciclo de MH de maíz chulpi (Sección Oriental, 2021).

Nº	Días a la floración masculina	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Mazorcas seleccionadas	Rendimiento t/ha
1	134	335	238	4	6,648
2	132	302	208	5	6,648
3	129	302	174	2	6,099
4	129	266	191	3	5,961
5	132	309	203	2	5,824
6	129	289	191	4	5,274
7	132	244	203	4	4,945
8	129	280	191	2	4,725
9	132	289	179	2	4,725
10	129	244	207	5	4,588
11	136	283	212	2	4,588
12	134	298	187	1	4,450
13	123	282	194	2	4,450
14	129	287	140	2	4,176
15	132	260	201	3	4,176

16	132	302	221	1	4,176
17	136	326	204	1	4,176
18	132	283	186	1	4,176
19	129	294	201	0	4,176
20	142	322	218	2	4,176
21	136	268	196	2	4,038
22	129	285	236	2	4,038
23	129	322	188	2	4,038
24	136	281	196	2	3,901
25	136	284	202	3	3,901
26	136	262	238	2	3,901
27	132	280	214	2	3,901
28	129	314	215	2	3,901
29	136	285	216	2	3,873
30	136	264	167	2	3,764
31	136	217	203	1	3,764
32	134	285	144	1	3,764
33	132	252	175	3	3,764
34	132	238	247	2	3,748
35	129	231	140	2	3,654
36	129	280	144	1	3,626
37	129	306	214	5	3,626
38	129	353	198	1	3,626
39	129	280	182	3	3,626
40	129	293	207	2	3,626
41	136	271	192	2	3,489
42	136	292	222	2	3,489
43	136	244	182	2	3,489
44	134	289	205	1	3,489
45	132	259	193	0	3,489
46	132	282	222	1	3,351
47	139	264	140	1	3,351
48	132	295	198	2	3,351
49	139	333	195	1	3,351
50	136	306	198	2	3,310
51	132	262	222	1	3,269
52	132	243	195	0	3,214
53	136	283	165	4	3,214
54	132	279	197	2	3,214
55	134	250	135	2	3,214
56	134	262	132	1	3,159
57	136	232	192	2	3,132
58	129	315	135	2	3,104
59	132	271	205	1	3,077

60	136	293	202	2	3,077
61	136	294	201	1	2,939
62	134	295	195	3	2,939
63	134	313	241	0	2,939
64	132	294	254	2	2,871
65	129	293	215	2	2,802
66	134	327	229	1	2,802
67	132	282	247	2	2,802
68	129	301	192	2	2,802
69	134	313	238	1	2,802
70	134	285	213	0	2,802
71	132	290	179	1	2,802
72	129	286	145	3	2,802
73	142	252	174	2	2,802
74	132	240	188	0	2,775
75	142	179	170	0	2,665
76	139	280	140	0	2,665
77	136	223	158	1	2,665
78	146	210	169	2	2,665
79	146	221	144	0	2,637
80	124	214	201	1	2,610
81	141	214	195	5	2,527
82	139	301	172	0	2,445
83	139	303	228	4	2,445
84	139	335	202	1	2,390
85	139	316	215	2	2,390
86	139	255	177	2	2,390
87	139	280	208	1	2,390
88	132	224	223	0	2,294
89	146	243	244	0	2,253
90	146	231	176	1	2,253
91	132	296	151	1	2,253
92	134	248	183	3	2,253
93	139	258	175	1	2,253
94	134	256	176	3	2,143
95	136	237	175	1	2,115
96	137	244	176	1	2,115
97	141	257	188	0	2,115
98	132	256	154	2	2,115
99	129	293	206	3	2,115
100	129	278	174	2	1,978
101	136	255	218	3	1,978
102	136	283	184	4	1,909
103	129	255	201	1	1,895

104	132	277	191	2	1,868
105	129	301	204	1	1,841
106	126	329	192	0	1,799
107	134	291	208	2	1,786
108	132	302	212	0	1,786
109	129	305	189	0	1,786
110	132	272	212	0	1,744
111	136	320	167	0	1,703
112	134	240	153	2	1,648
113	132	297	208	1	1,566
114	136	323	204	0	1,566
115	132	294	177	2	1,552
116	134	265	207	3	1,470
117	129	236	155	0	1,428
118	123	290	215	0	1,291
119	129	254	184	0	1,291
120	136	335	226	1	1,154
121	134	268	170	0	1,154
122	129	295	192	0	1,154
123	129	275	196	2	0,879
124	129	302	201	2	0,742
125	129	328	246	2	0,179
Promedio de la población	133	278	194	-	3,0
Promedio de la selección (celdas sombreadas)	133	280	194	-	3,7
Diferencial de la Selección	-	2	-	-	0,7

La Tabla 2, muestra los datos agronómicos y rendimiento de 68 familias de (MH) de INIAP-199. De las 68 familias sembradas se seleccionaron 48 familias y un total de 154 mazorcas. Los promedios generales de la población indican 144 días a la floración masculina; 199 y 135 cm de altura de planta y mazorca respectivamente, con un rendimiento de 3,54 t ha⁻¹. En tanto que de las 48 familias seleccionadas se obtuvo promedios de 188 días a la floración masculina; 223 y 158 cm de altura de planta y mazorca respectivamente con un rendimiento de 4,23 t ha⁻¹. Los diferenciales de selección muestran una disminución de 26 días en la floración un aumento de 24 y 23 cm para altura de planta e inserción de la mazorca, una ganancia en el rendimiento de 0,69 t ha⁻¹.

Tabla 2. Datos agronómicos y rendimiento de 68 familias de MH de maíz negro INIAP-199 (Sección Oriental, 2021).

Nº	Familias	Días a la floración masculina	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Mazorcas seleccionadas	Rendimiento t/ha
1	69	117	188	700	3	7,00
2	25	117	251	168	4	6,85
3	2	120	233	130	5	5,43
4	68	117	198	102	3	4,86
5	38	113	160	115	1	4,86
6	67	115	234	125	3	4,71
7	65	120	204	157	0	4,71
8	63	122	262	138	1	4,71
9	61	117	242	144	4	4,71
10	26	113	278	147	3	4,71
11	21	120	235	175	14	4,71
12	19	120	224	143	4	4,71
13	11	113	186	129	1	4,70
14	44	120	194	165	4	4,61
15	58	117	238	156	3	4,57
16	55	122	231	138	4	4,57
17	53	122	190	95	2	4,57
18	46	115	223	98	1	4,43
19	34	122	242	143	1	4,43
20	60	115	228	143	3	4,41
21	23	120	242	158	2	4,41
22	43	127	223	137	3	4,38
23	36	115	253	147	0	4,36
24	50	120	252	152	1	4,31
25	39	117	208	110	2	4,31
26	40	115	160	145	2	4,01
27	4	117	238	130	2	4,00
28	51	122	231	143	2	3,97
29	54	117	252	149	4	3,87
30	48	115	275	143	2	3,86
31	32	122	247	143	0	3,84
32	49	1257	190	160	5	3,80
33	33	120	238	152	2	3,76
34	57	122	238	135	2	3,71
35	52	122	275	140	4	3,71
36	42	122	183	159	2	3,71
37	10	1415	228	137	3	3,68
38	14	115	209	125	3	3,67
39	20	117	208	144	3	3,57
40	18	0	0	0	1	3,57
41	64	120	223	144	3	3,43
42	62	120	249	155	6	3,43
43	28	117	218	148	0	3,43

44	56	115	175	109	3	3,38
45	29	117	187	143	2	3,31
46	59	127	238	140	1	3,28
47	8	127	204	140	2	3,21
48	30	115	207	143	1	3,01
49	41	117	187	148	2	2,94
50	66	127	222	140	3	2,91
51	37	115	160	143	3	2,84
52	13	115	196	119	0	2,83
53	16	127	195	139	0	2,74
54	7	120	239	164	2	2,68
55	5	122	146	145	3	2,66
56	1	120	217	144	2	2,57
57	24	117	176	149	0	2,40
58	6	122	223	140	1	2,34
59	47	0	0	0	0	2,26
60	22	120	190	145	2	1,79
61	15	117	205	114	1	1,69
62	27	122	229	145	1	1,57
63	9	0	0	0	0	1,53
64	31	122	207	110	2	1,40
65	45	117	243	132	2	1,37
66	12	0	0	0	0	1,36
67	17	120	190	122	1	1,29
68	35	0	0	0	2	0,00
Promedio de la población		144	199	135	154	3,54
Promedio de la selección (celdas sombreadas)		118	223	158		4,23
Diferencial de la Selección		-26	24	23		0,69

La tabla 3, muestra los datos agronómicos y rendimiento de 154 familias de (MH) de INIAP-101. De las 154 familias sembradas se seleccionaron 63 familias y un total de 45 mazorcas. Los promedios generales de la población indican 147 días a la floración masculina; 166 y 91 cm de altura de planta e inserción de la mazorca con un rendimiento de 2,85 t ha⁻¹. En tanto que de las 63 familias seleccionadas se obtuvo promedios de 146 días a la floración masculina; 172 y 101 cm para altura de planta e inserción de la mazorca con un rendimiento de 2,85 t ha⁻¹. Los diferenciales de selección muestran una disminución de 1 día en la floración, un aumento de 5 y 10 cm para altura de planta e inserción de la mazorca, una ganancia en el rendimiento de 0,58 t ha⁻¹.

Tabla 3. Datos agronómicos y rendimiento de 154 familias de MH de maíz INIAP-101 (EESC, 2021).

Nº	familias	Días a la floración masculina	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Mazorcas seleccionadas	Rendimiento t/ha
1	123	139	183	115	2	4,39
2	14	150	169	112	0	4,26
3	20	153	200	115	2	4,13
4	23	153	186	100	1	4,13
5	140	136	167	80	0	4,13
6	5	150	196	110	2	4,01
7	10	162	180	105	0	4,00
8	46	147	176	100	0	4,00
9	24	157	190	95	1	3,92
10	27	150	148	80	0	3,89
11	116	139	213	91	0	3,89
12	43	139	125	60	0	3,74
13	73	136	157	40	0	3,74
14	55	139	173	75	0	3,61
15	126	134	180	80	0	3,48
16	131	127	161	90	0	3,48
17	7	162	205	117	2	3,48
18	13	139	183	78	0	3,48
19	15	153	169	70	1	3,48
20	26	153	200	95	0	3,48
21	36	147	158	85	0	3,48
22	56	151	175	80	1	3,48
23	59	160	190	95	2	3,48
24	81	139	176	100	0	3,48
25	82	139	140	113	0	3,48
26	93	146	130	88	2	3,48
27	3	153	200	115	2	3,35
28	4	167	174	85	2	3,35
29	40	147	175	100	0	3,35
30	42	139	185	80	0	3,35
31	49	157	185	90	0	3,35
32	54	139	205	100	0	3,35
33	114	132	162	60	0	3,35
34	144	139	130	60	0	3,35
35	145	146	150	80	0	3,35
36	88	146	177	115	0	3,33
37	90	162	153	80	0	3,28
38	146	139	143	60	0	3,22
39	18	146	147	85	0	3,22

40	29	143	195	120	0	3,22
41	38	139	135	105	1	3,22
42	89	146	140	90	0	3,22
43	103	146	139	65	0	3,22
44	122	139	144	80	1	3,22
45	125	150	207	123	0	3,22
46	33	157	185	120	0	3,19
47	28	150	166	105	0	3,16
48	96	137	180	100	0	3,13
49	1	143	169	70	0	3,10
50	11	150	183	80	0	3,10
51	21	160	148	100	1	3,10
52	25	157	225	100	0	3,10
53	44	129	213	105	0	3,10
54	69	139	203	700	0	3,10
55	102	146	140	75	0	3,10
56	108	146	180	80	0	3,10
57	124	146	195	120	1	3,10
58	127	136	135	66	0	3,10
59	150	139	140	75	0	3,10
60	153	146	189	95	1	3,10
61	128	146	150	95	0	3,04
62	65	149	192	140	0	3,02
63	110	139	140	90	1	3,02
64	45	136	163	85	0	2,97
65	68	146	167	85	0	2,97
66	70	143	168	55	0	2,97
67	83	136	170	90	0	2,97
68	84	153	150	75	0	2,97
69	92	146	147	10	1	2,97
70	94	153	167	50	1	2,97
71	106	136	160	70	0	2,97
72	112	139	158	95	0	2,97
73	118	139	186	80	1	2,97
74	143	146	140	70	0	2,97
75	2	143	161	110	0	2,90
76	30	147	191	85	1	2,90
77	151	143	147	80	0	2,84
78	17	155	200	115	1	2,84
79	22	160	198	105	2	2,84
80	37	143	166	110	0	2,84
81	63	157	196	112	0	2,84
82	66	155	197	105	0	2,84
83	78	136	160	95	0	2,84

84	79	139	130	90	0	2,84
85	104	139	178	100	0	2,84
86	8	150	171	80	0	2,71
87	16	153	177	100	0	2,71
88	64	155	155	75	0	2,71
89	119	136	140	75	1	2,71
90	133	139	140	60	0	2,71
91	137	164	157	85	0	2,71
92	149	146	150	80	0	2,71
93	75	139	120	65	0	2,70
94	47	140	155	95	0	2,67
95	77	153	151	60	0	2,67
96	99	139	130	60	0	2,67
97	134	146	95	50	0	2,67
98	41	150	170	110	0	2,66
99	60	155	161	75	0	2,66
100	98	139	140	95	0	2,64
101	141	146	130	65	0	2,63
102	147	153	150	90	0	2,63
103	71	139	206	95	1	2,62
104	109	150	151	70	2	2,62
105	62	157	164	95	0	2,61
106	111	146	140	75	1	2,61
107	120	150	151	80	0	2,59
108	87	136	224	110	0	2,58
109	95	146	178	80	0	2,58
110	129	153	178	90	0	2,57
111	130	146	168	63	0	2,53
112	50	143	163	100	0	2,51
113	139	162	181	117	0	2,50
114	51	155	175	95	0	2,48
115	52	139	167	75	0	2,45
116	67	150	192	85	0	2,45
117	142	164	147	77	0	2,45
118	72	139	148	90	0	2,42
119	154	154	170	88	0	2,40
120	53	147	207	105	0	2,32
121	58	136	144	90	1	2,32
122	97	148	193	95	0	2,32
123	105	143	125	60	0	2,32
124	107	139	167	75	0	2,32
125	132	150	164	63	0	2,32
126	135	150	160	80	0	2,32
127	148	143	140	70	0	2,32

128	12	164	183	100	0	2,19
129	34	157	191	100	0	2,19
130	39	147	134	100	0	2,19
131	74	139	165	80	0	2,19
132	80	150	172	72	1	2,19
133	85	153	175	90	1	2,19
134	6	164	147	77	0	2,18
135	61	157	189	100	0	2,14
136	86	146	140	80	1	2,14
137	152	148	187	95	0	2,14
138	113	139	167	80	0	2,06
139	117	136	172	92	0	2,06
140	121	150	165	95	0	2,06
141	91	153	150	90	0	1,99
142	19	148	220	120	0	1,93
143	35	150	164	80	0	1,93
144	100	146	105	60	0	1,93
145	101	146	133	75	0	1,93
146	48	155	174	95	0	1,86
147	115	139	166	95	0	1,81
148	9	164	170	100	1	1,79
149	31	157	207	115	0	1,68
150	138	153	150	90	0	1,68
151	57	147	157	70	0	1,55
152	32	153	176	100	1	1,52
153	76	136	160	80	1	1,42
154	136	136	100	40	0	1,04
Promedio de la población		147	166	91	45	2,85
Promedio de la selección (celdas sombreadas)		146	172	101		3,43
Diferencial de la Selección		-1	5	10		0,58

Evaluación de 108 familias de MH de maíz INIAP-122 (EESC, 2021).

Por afectaciones en desarrollo del cultivo el ensayo se dio de baja. La Estación no es adecuada para producir maíz suave.

8. Conclusiones

- En el noveno ciclo de selección de (MH) de maíz Chulpi (125 familias) se presentó una ganancia genética de $0,7 \text{ t ha}^{-1}$. Se seleccionaron 80 familias que serán utilizadas en el próximo ciclo agrícola.
- En la selección de medios hermanos de INIAP-199 (68 familias) se presentó una ganancia genética de 0.69 t ha^{-1} . Se seleccionaron 48 familias que serán utilizadas en el próximo ciclo agrícola.
- En la selección de medios hermanos de INIAP-101 (154 familias) se presentó una ganancia genética de 0.58 t ha^{-1} . Se seleccionaron 63 familias que serán utilizadas en el próximo ciclo agrícola.

9. Referencias bibliográficas

- CIMMYT. (1999a). Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre.
- CIMMYT. (1999b). Manejo de los ensayos e informe de los datos para el programa de ensayos internacionales de maíz del Centro Internacional del Maíz y Trigo (CIMMYT).
- IBPGR, C. (1991). Descriptors for maize. International Board for Plant Genetic Resources, Rome and International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City, Rome.

Actividad 3. Tercer ciclo de evaluación de biofertilizante en Imbabura, Bolívar y Chimborazo (KOPIA)

ESTACIÓN EXPERIMENTAL:	Estación Experimental Santa Catalina (EESC)
PROGRAMA QUE PRESENTA:	Programa de Maíz
PROYECTO:	(Proyecto KOPIA-INIAP)
TÍTULO DE LA ACTIVIDAD:	Desarrollo de tecnologías para el cultivo de maíz usando biofertilizantes en la Sierra del Ecuador (Development of cultivation technologies for corn using biofertilizers in Ecuador Highlands).
LOCALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Imbabura, Chimborazo, Bolívar
RESPONSABLES DE LA ACTIVIDAD:	Dr. José Luis Zambrano (INIAP, Programa de Maíz).
CORDINADOR RDA/KOPIA	Dr. Chang Hwan Park
EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO:	Ing. Carlos Sangoquiza (KOPIA). Ing. Diego Campaña (INIAP, Programa de Maíz) + Ing. María Nieto (INIAP, UDT-Imbabura). Ing. Cesar Asaquibay (INIAP, UDT-Chimborazo). Ing. Verónica Quimbiamba (KOPIA- Bolívar). Ing. Edwin Naranjo (KOPIA- Bolívar).
FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD:	2/01/2021
FECHA DE TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD:	31/12/2021
PRESUPUESTO (USD):	\$ 50.000
ÁREA DE INVESTIGACIÓN:	Incremento de la Productividad
LINEA DE INVESTIGACIÓN:	Microbiología agrícola

1.- Resumen

Los biofertilizantes son considerados tecnologías que apoyan a la producción alimentaria sostenible. Estos son productos elaborados con microorganismos benéficos (bacterias y hongos) asociados en simbiosis con plantas que ayudan al proceso natural de nutrición. Además, regeneran la microbiota natural del suelo. El objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto de un biofertilizante experimental sobre el cultivo de maíz en tres provincias de la Sierra del Ecuador (Imbabura, Chimborazo y Bolívar) y estimar el beneficio económico de su uso. Entre las principales actividades realizadas durante los ciclos de ejecución del proyecto (2019-2021), se encuentran la reactivación, purificación y secuenciamiento genético de las bacterias promotoras de crecimiento y la producción de 56 500 mL de biofertilizante, que cubre un área aproximada de 38,8 ha; que fueron utilizados en la implementación de ensayos de validación, lotes de producción de semilla y distribución a los agricultores interesados en probar esta tecnología. Se implementaron 30 lotes de validación del biofertilizante y 13 lotes de producción de semilla de calidad; se capacitaron a 1354 personas entre agricultores, técnicos y estudiantes. El biofertilizante, con un manejo adecuado del cultivo, incrementó en promedio el rendimiento del cultivo de maíz en 44 %, en comparación al control del agricultor y se redujo el promedio del costo de producción por kg de grano producido en 26 %.

Con el fin de difundir los resultados del proyecto, se elaboraron siete publicaciones técnicas, cuatro publicaciones científicas y dos tesis de pregrado, lo cual servirá para contribuir a una mejor comprensión del uso de biofertilizantes en la agricultura. Además, se entregó un silo y material informativo sobre enfermedades, plagas y el biofertilizante a las asociaciones de agricultores vinculadas al proyecto, a las unidades de transferencia del INIAP y a otros agricultores mediante la colaboración de universidades y empresas privadas, lo que permitió llegar a más agricultores, estudiantes y técnicos.

2.-Antecedentes

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales de mayor importancia económica en la Sierra ecuatoriana y en el mundo, debido a la gran cantidad de terreno destinado a su producción y al papel que cumple como componente básico de la dieta de la población rural (Yáñez *et al.*, 2013). El maíz se cultiva en la Sierra del Ecuador en altitudes comprendidas entre los 2.000 a 3.200 msnm. Es el cultivo transitorio más importante de la Sierra debido a la superficie plantada, que en el 2018 llegó a 74. 961 hectáreas, duplicando en superficie a otros cultivos de importancia como papa y fréjol que tuvieron 32.188 y 31.167 hectáreas, respectivamente (INEC y MAG, 2019). A pesar de la importancia de este cultivo, el rendimiento promedio de grano seco se ha mantenido muy por debajo de Perú (quien dispone de maíces amiláceos muy similares a los nuestros), a

pesar de que en el 2018 se observó un ligero aumento, llegando a $1,1 \text{ t ha}^{-1}$ (Zambrano *et al.*, 2019).

El aumento de la producción de grano está relacionado con la fertilización (Faggioli *et al.*, 2007). El Nitrógeno y el fósforo son los elementos más importantes para el desarrollo normal de las plantas. Una deficiencia de estos elementos puede producir un crecimiento lento, poco desarrollo del sistema radicular y una coloración inusual en las hojas, lo que se traduce en una disminución en el rendimiento del cultivo (Guzmán, 2011).

Los biofertilizantes son productos basados en microorganismos benéficos (bacterias y hongos), asociados en simbiosis con las plantas que ayudan al proceso natural de nutrición; además, regeneran el suelo. Estos microorganismos se encuentran en forma natural en el suelo y principalmente en aquellos que no se vieron afectados por el uso excesivo de fertilizantes químicos que disminuyen o eliminan dicha población. Los fertilizantes biológicos se están utilizando en la agricultura. Generalmente se preparan con microorganismos benéficos: Rhizobium, micorrizas, entre otros, que viven en simbiosis con el sistema radicular de las plantas. El uso de fertilizantes biológicos con bacterias fijadoras de nitrógeno y solubilizadoras de fósforo es una alternativa a la fertilización tradicional. Su uso como inoculantes de semillas, plantas o suelos puede tener un efecto positivo en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y ayudar en la nutrición de las plantas. Esta tecnología también puede producir un beneficio económico para los agricultores que podrían aumentar el rendimiento y reducir los costos de producción.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general.

Evaluar el biofertilizante en el cultivo de maíz para reducir el uso de fertilizantes químicos en la región norte y central de la región andina del Ecuador

3.2. Objetivo específicos.

- **Aumentar la productividad** en maíz en un **20%**
- **Reducir los costos de producción** del maíz en un **15%** con el uso del biofertilizante

4. Manejo específico del experimento

Fase de laboratorio. Se realizó la reactivación, purificación y producción del biofertilizante (Fertibacter- Maíz) a base de *Azospirillum* y *Pseudomonas fluorescens* en la planta de producción del biofertilizante del Programa de Maíz.

Fase de campo

Análisis del suelo. Previo a la instalación de los ensayos se realizó el análisis de suelo de las diferentes localidades.

Preparación del terreno. Para la preparación del terreno se realizaron las labores de arada, rastrada y finalmente el surcado.

Inoculación del biofertilizante. Para la inoculación se aplicó el biofertilizante sobre la semilla; que se mezcló de una manera homogénea y se dejó reposar de 5 a 10 minutos posteriormente se realizó la siembra.

Siembra. La siembra se realizó manualmente colocando 2 semillas por sitio a una distancia de 50 cm entre planta y 80 cm entre surco, (Bernal, G. *et al.* 2001).

Labores culturales. Se realizó el rascadillo y aporque a los 45 días después de la siembra (Yáñez, C. *et al.* 2013).

Fertilización. Se realizó de acuerdo al análisis inicial de suelo, uno a dos semanas antes de la siembra. Se recomienda aplicar en suelos de fertilidad intermedia, 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) y 80 kg.ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) y 60 kg ha⁻¹ de Potasio. El fertilizante compuesto se aplicó a la siembra a chorro continuo al fondo del surco. El nitrógeno se fraccionó el 50% a los 30 días y el resto a los 60 días. La fertilización nitrogenada se realizó a chorro continuo, según lo recomendado para el cultivo de maíz (Yáñez *et al.*, 2013),

Control de malezas. En algunas localidades el control de malezas se las realizó de forma manual, en otras se realizó un control químico aplicando atrazina en pre emergencia. En estado V6 se aplicó Paraquat en dosis de 1 L ha⁻¹ para control de malezas de hoja angosta y ancha. Posteriormente se realizaron controles manuales según la incidencia de malezas. En las parcelas con cobertura plástica se realizó un control en pre-emergencia en los sitios de siembra y en los bordes de las parcelas

Control de plagas. Se realizó el control del gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), gusano cogollero (*Spodoptera spp*), gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) y mosca de mazorca (*Euxesta eluta*), con aplicaciones de aceite o insecticidas, según la incidencia de los mismos, de acuerdo a lo establecido en la guía de cultivo de maíz para la Sierra del Ecuador (Yáñez *et al.*, 2013).

Cosecha. Se realizó a la madurez fisiológica, registrando: número de plantas cosechadas, número de mazorcas, peso de campo expresado en kilogramos y porcentaje de humedad.

5. Resultados

A1. Reactivación de bacterias en la planta piloto del Programa de Maíz de la EESC.



Durante los ciclos 2019-2021 se realizaron trabajos de reactivación y purificación de las cepas existentes en el Programa de Maíz para lo cual se utilizaron medios de cultivo específicos para cada género bacteriano en este caso (King B) para *Pseudomonas fluorescens* y (Rojo Congo) para *Azospirillum*.

A2. Desarrollo y evaluación de una tecnología de recubrimiento de la semilla con las bacterias



Durante el ciclo de ejecución del proyecto se han buscado nuevas tecnologías de aplicación del biofertilizante para lo cual se realizó el peletizado de la semilla con microorganismos los cuales fueron validados en invernadero y campo.

A3. Producción del biofertilizante (FertiBacter-maíz)

Durante los tres ciclos de ejecución del proyecto se han preparado un total de 56 500 mL de biofertilizante a una concentración de 1×10^{-9} UFC/mL en presentaciones de 500 mL, los mismos que fueron utilizados en la instalación de ensayos de validación del biofertilizante, producción de semilla de calidad y entrega a los agricultores interesados en probar esta tecnología. La producción del biofertilizante cubrió un área aproximada de 38,8 ha.



A4. Implementación de ensayos de validación del biofertilizante (Fertibacter-Maíz)

Durante la de ejecución del proyecto se instalaron un total de 30 lotes de validación del biofertilizante en campo de agricultores distribuidos entre las provincias de Imbabura, Chimborazo y Bolívar, 13 lotes de producción de semilla de calidad, cubriendo un área aproximada de 10,4 ha.

Los resultados obtenidos en los análisis de rendimiento y costos de producción durante los tres años de ejecución del proyecto muestran que el uso de la tecnología del biofertilizante aumentó la productividad en un 44 % en comparación al manejo que realiza el agricultor y se redujo los costos de producción en un 26 % por kg de grano producido, tal como se muestra en la figura 1 y 2.

Figura 1. Aumento de la productividad

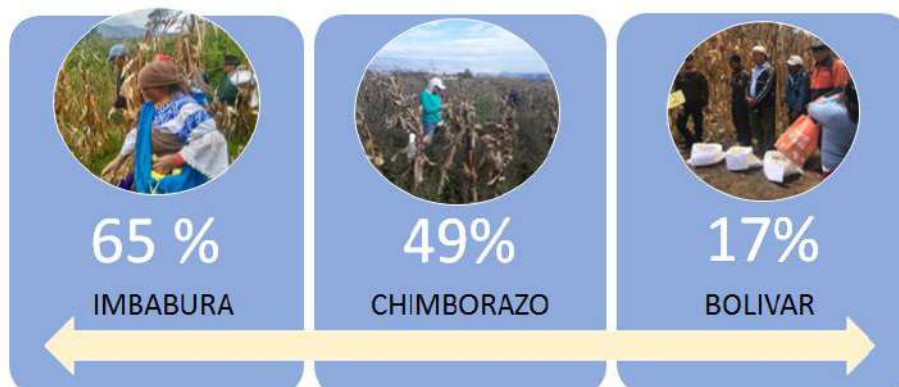
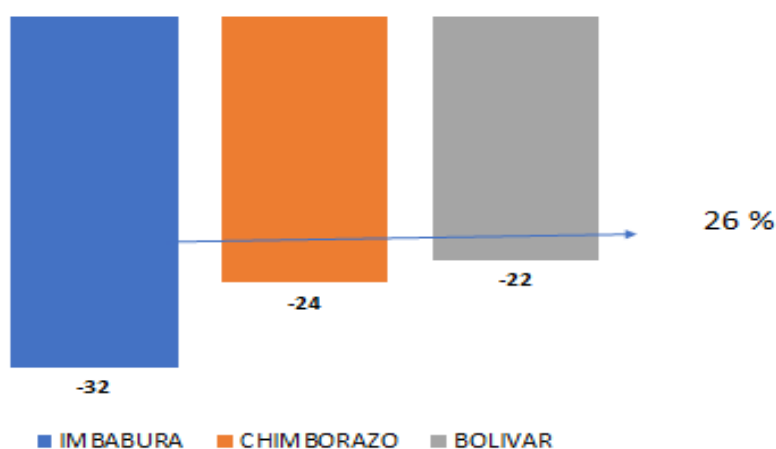


Figura 2. Reducción de los costos de producción



En los análisis de los costos de producción realizados en la ejecución del proyecto se muestra una reducción del costo de producción por kg de grano producido en 26 %.

A4. Producción de semilla de maíz de alta calidad

Se han implementado un total de 13 lotes de producción de semilla de los cuales se obtuvo 3140 kg de semilla los mismos que fueron entregados a los agricultores de cada asociación para los nuevos ciclos de siembra. Entre los materiales cosechados se encuentran maíz negro, chulpi, chaucho y guagal.



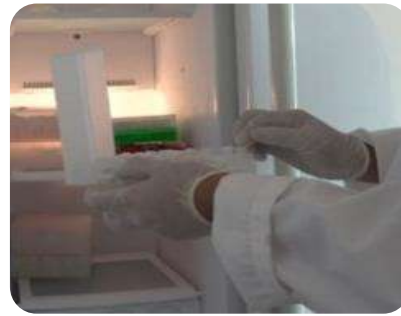
A5. Mantenimiento, conservación y secuenciamiento de bacterias

El proceso de mantenimiento y conservación de las cepas bacterianas se lo ha realizado año a año con el fin de evitar posibles contaminaciones para lo cual se realizaron los siguientes trabajos de laboratorio:

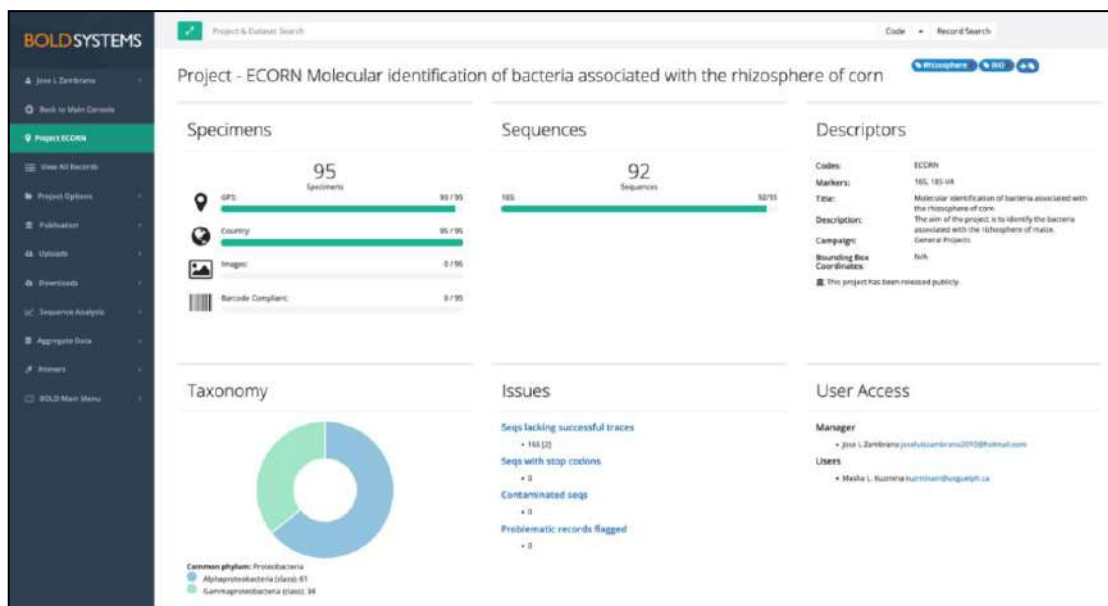
1.- Las cepas de *Azospirillum* y *Pseudomonas* se sembraron en tubos pico de flauta (19) con agar nutritivo y se incubaron por 24 horas a 30 °C, posteriormente se recogieron las colonias con caldo nutritivo y glicerol (1:1) estéril y se distribuyó en tubos *ependorf* estériles, los cuales fueron congelados a 0 °C.



2.- Estas mismas cepas también se mantienen conservadas bajo el proceso de liofilización que tiene como objetivo separar el agua u otro solvente de una dilución mediante la congelación y posterior sublimación de hielo a presión reducida. Este proceso comienza con la preparación del inóculo en 20 mL de caldo nutritivo las cepas se incubaron por 24 horas a 129 (rpm), se centrifugaron a 13000 rpm por 5 minutos, se eliminó el sobrenadante y se liofilizaron a una temperatura de 40 °C por 72 horas a 0.7 bares de presión.



3.- Se realizó el secuenciamiento genético de 64 cepas de bacterias promotoras de crecimiento conservadas por el Programa de Maíz con el fin de identificar a nivel molecular el género y especie de las mismas. Luego de los trámites pertinentes ante el Ministerio de Ambiente, se enviaron muestras liofilizadas de las bacterias a la Universidad de Guelph en Canadá para el análisis genético (DNA barcode). Para el genotipaje se utilizaron los marcadores 16S y 18S-V4 y se secuenció usando SANGER. Los resultados están disponibles en la plataforma BOLDSYSTEM (ECORN Project). Las secuencias necesitan ser analizadas utilizando herramientas bioinformáticas, lo que permitirá verificar o corregir la identidad de las bacterias presentes en el biofertilizante.



A6. Diseminación de resultados

Durante la ejecución del proyecto se han realizado días de campo, congresos, ferias y cursos capacitando a un total de **1354** participantes entre agricultores, técnicos y estudiantes los mismos que se detallan a continuación;

Número de actividades	Número de participantes	Descripción de la actividad
1	596	Participantes en cinco días de campo entre las provincias de; Imbabura, Chimborazo y Bolívar.
2	50	Capacitación a técnicos del (MAG-Pichincha, Bolívar y Universidad Estatal de Bolívar).
3	508	Participantes en el Primer Simposio Ecuatoriano del Maíz
4	200	Participantes en el día de campo "Investigación y desarrollo para la producción sustentable de maíz en la Sierra ecuatoriana".

Publicaciones técnicas

Se han realizado siete publicaciones técnicas las mismas que se detallan a continuación:

N°	IMPRESOS	TÍTULO
1	500	Guía para facilitar el aprendizaje en el manejo integrado del cultivo de maíz de altura
2	2000	Esquema de producción y uso del biofertilizante Fertibacter- Maíz
3	2000	Enfermedades del cultivo de maíz.
4	2000	Insectos plaga del cultivo de maíz.
5	2000	Diversidad de maíz
6	2000	Deficiencias nutricionales en maíz
7	500	Guía para la producción sustentable de maíz en la Sierra Ecuatoriana.

Publicaciones científicas (online, peer review, open acces)

N°	REVISTA	TÍTULO
1	Agronomy	Maize Breeding in the Highlands of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review
2	IntechOpen	Use of biofertilizers in agriculture
3	La Granja*	Response of flour corn (<i>Zea mays</i> L. var. <i>amylacea</i>) to the inoculation of <i>Azospirillum</i> and <i>Pseudomonas</i>
4	Archivos Académicos	Efecto de la aplicación de bacterias promotoras del crecimiento vegetal <i>Azospirillum</i> sp y <i>Pseudomonas fluorescens</i> sobre el cultivo de maíz de altura.

*ACEPTADA

Tesis de pregrado

N°	UNIVERSIDAD	TITULO
1	Universidad Técnica del Norte	Efecto de la aplicación de herbicidas en la población de bacterias presentes en un biofertilizante aplicado al maíz de altura, Cutuglagua, Pichincha.
2	Universidad Estatal de Bolívar	Desarrollo de tecnologías para el cultivo de maíz suave (<i>Zea mays</i> L.) con la aplicación de biofertilizantes (Chillanes-Bolivar).

Visita de experto de KOPIA y entrenamiento en Corea

Por consecuencias del COVID-19 no se pudo tener la visita del experto Coreano, ni el entrenamiento de los técnicos del Programa de Maíz en COREA.

6.- Conclusiones

Durante los tres años de ejecución del proyecto “Desarrollo de tecnologías de cultivo para maíz utilizando biofertilizantes en las tierras altas de Ecuador” se llegó a las siguientes conclusiones:

- El biofertilizante incrementó en promedio **44 %** el rendimiento del cultivo de maíz, en comparación al control del Agricultor.

- Se redujo el promedio del costo de producción por kg de grano producido en **26 %**.
- Se capacitó de manera directa a **1354** persona en el uso de biofertilizante y otras tecnologías de producción sostenible de maíz.
- Se elaboraron **siete** publicaciones técnicas, **cuatro** científicas y **dos** tesis de pre-grado.
- Un mayor detalle de los resultados del proyecto se encuentra disponible en los informes anuales del mismo.

7. Referencias bibliográficas

- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). 2010. Principales cultivos del Ecuador. Obtenido de <http://www.magap.gob.ec/sinagap/index.php>.
- Noroña, J. 2008. Caracterización y evaluación agromorfológica de 64 accesiones de maíz negro y 27 accesiones de maíz chulpi (*Zea Mays L*) colectados en la serranía del Ecuador en la EESC-INIAP. Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Nole, P. 2012. Evaluación agronómica de 8 híbridos experimentales frente a tres híbridos comerciales (*Zea mays L.*), Tesis previa la obtención del título de Ing. Agrónomo. U Nacional de Loja.
- Yáñez, C. 2007. Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Quito, Estación Experimental Santa Catalina- FAO.
- Yáñez, Carlos; Zambrano, José; Caicedo, Marlón; Sánchez, Víctor y Heredia, Jorge. (2003). Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatorianos. Quito, Estación Experimental Santa Catalina.

ACTIVIDAD 4. Evaluación del uso de acolchado plástico en maíz en Pichincha y Cotopaxi

ESTACIÓN EXPERIMENTAL:	Estación Experimental Santa Catalina (EESC)
PROGRAMA QUE PRESENTA:	Programa de Maíz
PROYECTO:	Desarrollo de tecnologías de cultivo para maíz utilizando biofertilizantes en las tierras altas de Ecuador (Proyecto KOPIA)
TÍTULO DE LA ACTIVIDAD:	Evaluación del uso de acolchado plástico en la producción de maíz suave.
LOCALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD:	EESC y Guaytacama.
RESPONSABLES DE LA ACTIVIDAD:	Dr. José Luis Zambrano (INIAP, Programa de Maíz). Ing. Victoria López (INIAP, UDT-Cotopaxi).
EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO:	Ing. Carlos Sangoquiza (KOPIA). Ing. Diego Campaña (INIAP, Programa de Maíz) + Dr. Yamil Cartagena, Ing. Rafael Parra, Ing. Javier Maiguashca, Ing. José Rivadeneira (INIAP, Dpto. de Suelos y Aguas). Sra. América Vilca (Aso. de Mujeres Virgen del Tránsito, Guaytacama).
FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD:	15/10/2020 24/11/2020
FECHA DE TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD:	31/12/2021
PRESUPUESTO (USD):	\$ 34. 708
FUENTE DE FINANCIAMIENTO (%):	INIAP: 85% KOPIA: 13% Aso. de Mujeres Virgen del Tránsito: 2%
ÁREA DE INVESTIGACIÓN:	Incremento de la Productividad
LINEA DE INVESTIGACIÓN:	Manejo integrado del cultivo

1. TÍTULO DE LA ACTIVIDAD

Evaluación del uso de acolchado plástico en la producción de maíz suave.

2. Antecedentes

En la Sierra del Ecuador, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los más importantes, debido a la amplia área dedicada a su producción y por ser un componente básico en la dieta de la población, sobre todo rural (Yáñez *et al.*, 2013). En el Ecuador la superficie cosechada de maíz suave es de 63259 ha, con un rendimiento promedio de 1,37 t ha⁻¹ de grano en seco y 4,03 t ha⁻¹ de choclo (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019). Una de las principales limitantes de la producción es su bajo rendimiento, causado, entre otros aspectos, por la vulnerabilidad del cultivo a eventos climáticos. En Ecuador al relacionar las pérdidas totales en superficie del cultivo y sus causas, la más importante es la ocasionada por sequía que representa entre el 34% (Maíz suave choclo) y 57% (Maíz suave seco) (INEC 2019).

La utilización de plásticos como cobertura del suelo es una técnica comúnmente empleada en cultivos hortícolas, cuya finalidad principal es la protección del sistema radicular de las plantas del frío, sequía, exceso de humedad, malezas y plagas (Cantamutto *et al.*, 2015; Steinmetz *et al.*, 2016). Todas estas amenazas están presentes en las chacras de los agricultores de la Región Alto Andina, amenazas que cada vez se vuelven más frecuentes por los efectos del cambio climático.

En otros países, se ha demostrado la eficiencia del uso de acolchado o cobertura plástica sobre el rendimiento del cultivo de maíz, incrementándose hasta un 60%, mejorando la precocidad, la eficiencia en el uso del agua, la temperatura del suelo, entre otros aspectos (FAO, 2011; Zhang, *et al.*, 2017; Ren *et al.*, 2017; Jabran & Chauhan, 2018). Estos beneficios se explican porque el plástico negro durante el día absorbe gran cantidad de energía lumínica y calienta el suelo. Ese calor queda retenido durante la noche, aminorando el desequilibrio térmico que retarda el desarrollo de la planta cuando el suelo está frío, con temperaturas por debajo de la ideal la planta produce menos y es más vulnerable a las enfermedades. El viento, el sol y el exceso de calor evaporan la humedad y reseca la tierra, causando 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 (Deng *et al.*, 2019).

Una desventaja del uso de acolchado plástico con pequeños agricultores es el costo de implementación. En México, se estima que el costo alcanzaría los 800 dólares por hectárea, pero el incremento de rendimiento justificaría la inversión, por lo que se prepararan proyectos de apoyo a los campesinos por parte de la Secretaría de Agricultura y la Secretaría de Economía (FAO, 2011). Un estudio agronómico y económico, reportó beneficios económicos para la técnica del acolchado en maíz, de entre 51 y 230 USD ha⁻¹, concluyendo que esta técnica fue más productiva y rentable que el método convencional en zonas semiáridas con precipitaciones limitadas e irregulares (Zhang *et al.*, 2017).

Durante el ciclo 2018 -2019, se observó en las parcelas instaladas por el Centro KOPIA ubicadas en la Estación Experimental Santa Catalina, que el uso de cobertura plástica

del suelo o acolchado mejoraron el rendimiento del choclo. Esta técnica es usada de manera convencional en Corea para producir maíz en fresco. Durante el 2019 se observó que el uso del acolchado casi triplica el rendimiento de las parcelas sometidas a estrés hídrico, pasando de 2,5 a 6,3 t ha⁻¹ de choclo, en comparación con aquellas manejadas de manera convencional (cultivados durante la época seca sin riego). En consecuencia, el uso del plástico puede aportar beneficios para el cultivo de maíz suave, pero es necesario cuantificarlos mediante un diseño experimental y evaluar el beneficio/costo de emplear esta tecnología, sobre todo en sitios de poca precipitación.

3. Justificación

El uso de acolchado plástico en maíz no ha sido utilizado en la Sierra del Ecuador y no se dispone de información que permita cuantificar el beneficio del uso de esta tecnología. El empleo de cobertura plástica o acolchado podría representar una alternativa tecnológica para incrementar considerablemente el rendimiento y reducir la vulnerabilidad de los pequeños productores de maíz al cambio climático, sobre todo a sequía, mejorando la eficiencia en el uso del agua y asegurando más y mejores cosechas. Los resultados de esta investigación permitirían sustentar un proyecto de mayor envergadura a KOPIA u otros donantes.

4. Objetivos

- **Objetivo general.**

Evaluar el efecto del uso de acolchado plástico sobre la producción del maíz suave en dos localidades de la Sierra del Ecuador.

- **Objetivos específicos.**

Evaluar el efecto del uso de acolchado plástico sobre el rendimiento de maíz en choclo y en seco.

5. Hipótesis

H0: El uso de acolchado plástico no tiene ningún efecto significativo en la producción de maíz suave.

H1: El uso de acolchado plástico tiene un efecto significativo en la producción de maíz suave.

6. Materiales y métodos

6.1. Ubicación

El experimento se realizó en dos localidades. En campo experimental y en una localidad con menor precipitación y temperatura:

Localidad 1.

Provincia: Pichincha

Cantón: Mejía

Parroquia: Cutuglahua.

Lugar: Estación Experimental Santa Catalina.

Coordenadas: Latitud: Sur 0°22'19", Long: W 78°30'56"

Altitud: 3050 msnm

Temperatura promedio¹: 15,8 °C

Precipitación anual promedio¹: 1432 mm/año

Humedad relativa anual promedio¹: 76,3%

Dirección: Estación Experimental Santa Catalina INIAP. Panamericana Sur Km 1

Localidad 2.

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Parroquia: Guaytacama.

Lugar: Pilacoto

Coordenadas: Latitud: Sur 00° 49', Long: W 78° 39'

Altitud: 2906 msnm

Temperatura promedio²: 13,4 °C

Precipitación anual promedio²: 515 mm/año

Humedad relativa anual promedio²: 76,3%

Fuente: ¹ Estación Meteorológica Izobamba, EESC. ² <https://es.climate-data.org>

6.2. Diseño del experimento

El experimento constó de tres tratamientos: a) cultivo de maíz con acolchado plástico y fertilización en base al análisis de suelo; b) cultivo de maíz con manejo convencional (surcos al aire libre) y fertilización en base al análisis de suelo; y c) testigo del agricultor (surcos al aire libre, sin fertilización). El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. En la localidad de Guaytacama cada repetición se sembró en una chacra diferente de la misma comunidad, ya que las parcelas de los agricultores son muy pequeñas para abarcar las cuatro repeticiones.

6.3. Unidad experimental.

Cada unidad experimental estuvo constituido por una parcela de 10 m de largo x 16 m de ancho (160 m²), que corresponde a 20 surcos por tratamiento. La parcela neta constó de 16 surcos centrales (134 m²), los 14 primeros fueron cosechados en choclo y los 2 restantes en seco.

6.4. Variables a analizar

Evaluación agronómica

Se midieron las variables agronómicas: altura de planta y mazorca, días a la germinación, días a floración femenina, porcentaje de acame de raíz y tallo, número de mazorcas cosechadas, longitud de mazorca, ancho de mazorca y el rendimiento en choclo y de grano en seco, siguiendo los protocolos establecidos por el CIMMYT para el manejo de ensayos internacionales (CIMMYT, 1995). Los choclos se contaron y pesaron según su categoría por tamaño (INEN 1999).

6.5. Análisis estadístico

Se realizó un Análisis de Varianza (Cuadro 1) para determinar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para cada localidad, de acuerdo al siguiente esquema:

Cuadro 1. Esquema del análisis de varianza para evaluar el uso de acolchado plástico en maíz para cada localidad.

Fuente de Variación	Fórmula	Grados de libertad
Total	(T x Rep.) -1	11
Repeticiones	R-1	3
Tratamientos (T)	T-1	(2)
Acolchado vs convencional INIAP		1
Testigo agricultor vs resto		1
Error	(T-1) (Rep. -1)	6

Cuando se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos, se procedió a realizar la prueba de Tukey (p.0,05). Previo al ANOVA, se verificó el supuesto de normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilks modificado.

7. Manejo específico del experimento.

Preparación del suelo. En la Estación Experimental se preparó el suelo mediante labranza convencional. Primero la arada, seguido de dos pases de rastra. La surcada se realizó de manera manual a una distancia de 80 cm, mientras que las camas de 1,40 m de ancho se prepararon con maquinaria. En Guaytacama se realizó una siembra directa como acostumbran los agricultores en la zona, y las camas se elaboraron con la ayuda de maquinaria pequeña de la EESC. En ambas localidades las camas se cubrieron con plástico tipo mulch negro de 40 Mic.

Fertilización. Se realizó de acuerdo al análisis inicial de suelo, uno a dos semanas antes de la siembra. Se recomienda aplicar en suelos de fertilidad intermedia, 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) y 80 kg.ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) y 60 kg.ha⁻¹ de Potasio. El fertilizante compuesto se aplicó a la siembra a chorro continuo al fondo del surco, o sobre la cama en la línea de siembra antes de cubrir con el plástico. El nitrógeno se fraccionó el 50% a los 30 días y el resto a los 60 días. La fertilización nitrogenada en los surcos a campo abierto se realizó a chorro continuo, según lo recomendado para el cultivo de maíz (Yáñez *et al.*, 2013), mientras que en las parcelas con cobertura plástica se realizó por planta junto al pie de cada planta, debajo del plástico.

Siembra. En las parcelas de acolchado y convencional INIAP, la siembra se realizó



manualmente colocando 1 semilla a una distancia de 25 cm entre plantas y 80 cm entre surcos, dando una densidad de 50 000 semillas ha⁻¹. En las camas cubiertas con plástico, se realizó la siembra a doble hilera, separadas a 80 cm, colocando una semilla cada 25 cm entre plantas. La semilla utilizada fue del ciclo anterior (2019- 2020). En la EESC se utilizó INIAP-122, mientras que en Guaytacama se utilizó la semilla del productor (maíz amarillo harinoso tipo mishca). Esto permitió utilizar variedades adaptadas para cada zona. El testigo del agricultor se realizó colocando tres semillas por sitio a 50 cm entre sitios, que es la manera como se siembra el maíz en la localidad. La época de siembra se realizó en el mes de octubre con el inicio de la temporada de lluvias, según lo recomendado para las zonas donde se realizaron los ensayos. La semilla fue tratada con insecticida para evitar el daño de gusanos trozadores y vectores de enfermedades (Cruiser).

Rascadillo: Esta labor se realizó en las parcelas sembradas a surco abierto y consistió en realizar una limpieza de las malezas cuando estas se presentan sobre todo en la época crítica de competencia (0-45 días después de la siembra).

Aporque: Esta labor se realizó en las parcelas sembradas a surco abierto entre los 45 y 60 días (estado V6 a V8) después de la siembra, esta labor consiste en arrimar tierra alrededor de la planta con el objeto de ayudar al sostén de la planta. No se realizó en el acolchado.

Control de malezas. El control de malezas se realizó en las parcelas sembradas en surcos sin cobertura aplicando atrazina en pre emergencia. En estado V6 se aplicó Paraquat en dosis de 1 L ha⁻¹ para control de malezas de hoja angosta y ancha. Posteriormente se realizaron controles manuales según la incidencia de malezas. En las parcelas con cobertura plástica se realizó un control en pre-emergencia en los sitios de siembra y en los bordes de las parcelas.

Control de plagas. Se realizó el control del gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), gusano cogollero (*Spodoptera* spp.), gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) y mosca de mazorca (*Euxesta eluta*), con aplicaciones de aceite o insecticidas, según la incidencia de los mismos, de acuerdo a lo establecido en la guía de cultivo de maíz para la Sierra del Ecuador (Yáñez *et al.*, 2013).

Cosecha en fresco. Se realizó en estado vegetativo R2-R3 en estado de choclo, contado y pesando el número de mazorcas cosechadas en cada parcela, agrupándolos según la categoría establecida por el INEN (1999). Esta variable se evaluó en las parcelas sembradas en Guaytacama y en los 10 primeros surcos de las parcelas netas sembradas en la EESC.

Cosecha en seco. Aproximadamente 15 días después de la madurez fisiológica de las plantas se evaluó el número de plantas cosechadas, número de mazorcas, peso de campo expresado en kilogramos, porcentaje de desgrane y porcentaje de humedad del grano según lo indicado por CIMMYT (1995).

8. Resultados

Tabla 1. Efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento de maíz variedad INIAP-122 (EESC-2021).

Rep	Tratamientos	% Humedad	Peso mz	Peso de grano	Peso de campo	Nº Plantas	Desgrane	Rendimiento t ha ⁻¹
1	Plástico	42,2	0,8	0,7	18	129	0,88	3,31
1	Control	39,1	0,8	0,7	16,42	143	0,88	3,18
2	Plástico	38,9	0,8	0,7	20,8	145	0,88	4,04
2	Control	37,7	0,8	0,7	12,94	123	0,88	2,56
3	Plástico	41,2	0,8	0,7	16,84	134	0,88	3,15
3	Control	39	0,8	0,7	12,94	112	0,75	2,15
	Prom. Plástico							3,5
	Prom. Control							2,6

En la Tabla 1, se muestra los resultados del ensayo de acolchado plástico en maíz suave seco variedad INIAP-122. Los resultados muestran que la tecnología de acolchado aumentó el rendimiento en un promedio de 0,9 t ha⁻¹.

Tabla 2. Efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento de arveja variedad INIAP-Andina (EESC-2021).

Tratamientos	Peso de campo (vaina tierna) kg	Peso grano tierno (%)
Plástico	9,40	0,44
Control	4,58	0,40
Plástico	12,26	0,46
Control	4,22	0,44
Plástico	10,33	0,47
Control	6,48	0,46
Prom. Plástico	10,6	
Prom. Control	5,09	

La tabla 2, muestra los resultados del peso de campo obtenidos en la cosecha de arveja variedad INIAP- ANDINO, la cual muestra que la tecnología de acolchado plástico aumentó el peso de campo en un promedio de 5,5 kg en comparación al control sin plástico. Estos resultados muestran que la tecnología de acolchado plástico puede ser utilizada en varios cultivos.

Tabla 3. Efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento de maíz amarillo harinoso “tusilla” (Cotopaxi-2021). Localidad 1, Pilacoto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS			
	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Rendimiento grano seco t ha ⁻¹	Rendimiento choclo kg ha ⁻¹
Plástico	175,83 a	74,33 a	3,84 a	5946,13 a
INIAP	141,25 b	55,75 b	2,44 b	4165,18 b
Agricultor	136,83 b	53,58 b	2,07 b	3166,67 c

En la Tabla 3, se presenta la prueba de separación de medias (Tukey) para las variables altura de planta, altura de inserción de la mazorca y rendimiento en grano seco y choclo, en donde se observa que para altura de planta e inserción de la mazorca el tratamiento con acolchado plástico obtuvo un mayor desarrollo con 175,83 y 74,33 cm respectivamente. Para las variables de rendimiento en grano seco y choclo, se observa que los mejores tratamientos son con la tecnología de acolchado plástico, los cuales muestran diferencias estadísticamente significativas sobre los demás tratamientos, con valores de 3,84 t ha⁻¹ para grano seco y 5446,13 kg ha⁻¹ para choclo.

Tabla 4. Efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento de maíz tipo tusilla (Cotopaxi-2021). Localidad 2, Pilacoto, basurero.

TRATAMIENTOS	MEDIAS			
	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Rendimiento grano seco t ha ⁻¹	Rendimiento choclo kg ha ⁻¹
Plástico	164,78 a	63,78 a	4,14 a	6966,27 a
INIAP	139,89 b	53,78 ab	3,30 a	6652,78 a
Agricultor	119,44 c	41,56 b	1,83 b	1652,78 b

En la tabla 4, se presenta la prueba de separación de medias (Tukey) para las variables altura de planta, altura de inserción de la mazorca y rendimiento en grano seco y choclo. Se observa que para altura de planta e inserción de la mazorca el tratamiento con acolchado plástico obtuvo un mayor desarrollo de la planta con 164,78 y 63,78 cm respectivamente. Para las variables de rendimiento en grano seco y choclo se observa que los mejores tratamientos son con la tecnología de acolchado plástico, los cuales muestran diferencias estadísticamente significativas sobre los tratamientos manejados por el agricultor, con valores de 4,14 t ha⁻¹ para grano seco y 6966,27 kg ha⁻¹ para choclo en el material local tusilla.

Tabla 5. Efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento de maíz negro harinoso INIAP-199 (Cotopaxi-2021). Pilacoto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS		
	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Rendimiento grano seco t ha ⁻¹
Plástico	167,4 a	77,00 a	3,77 a
INIAP	159,67 a	64,53 a	2,80 b
Agricultor	114,8 b	40,80 b	1,04 c

En la Tabla 5, se presenta la prueba de separación de medias (Tukey) para las variables; altura de planta, inserción de la mazorca y rendimiento en grano seco, donde se observa que para las variables altura de planta e inserción de la mazorca el tratamiento con acolchado plástico obtuvo un mayor desarrollo de la planta con 167,4 y 77,00 cm respectivamente. Para la variable rendimiento el tratamiento con acolchado plástico obtuvo un mayor rendimiento con 3,77 t ha⁻¹ mostrando diferencias significativas sobre los demás tratamientos.

Tabla 6. Efecto del acolchado plástico sobre el rendimiento de maíz chulpi (INIAP-193) (Cotopaxi-2021). Pilacoto.

TRATAMIENTOS	MEDIAS		
	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Rendimiento grano seco t ha ⁻¹
Plástico	221,87 a	131,87 a	2,99 a
INIAP	181,13 b	83,73 b	2,20 b
Agricultor	120,53 c	49,87 c	1,33 c

En la Tabla 6, se presenta la prueba de separación de medias (Tukey) para las variables; altura de planta, inserción de la mazorca y rendimiento en grano seco, donde se observa que el tratamiento con acolchado plástico obtuvo un mayor desarrollo de la planta y mazorca con 221,87 y 131,87 cm respectivamente. Para la variable rendimiento, el tratamiento con acolchado plástico obtuvo un mayor rendimiento con 2,99 t ha⁻¹ mostrando diferencias significativas sobre los demás tratamientos.

9. Conclusiones

- El uso del acolchado plástico aumentó el rendimiento de maíz en grano seco y choclo.

10. Referencias bibliográficas

1. CIMMYT - Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo -. (1995). Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México, D.F. Cuarta impresión, 1995, 20p.



2. Cantamutto, M., Ayastuy, M., Kroeger, I., Elisei, V., & Marinangeli, P. (2015). Efecto del sistema de iniciación y del acolchado del suelo sobre la producción de melón en el sur de la provincia de Buenos Aires, Argen. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 104(2), 157–162.
3. Deng, H., Xiong, Y., Zhang, H. *et al.* (2019). Maize productivity and soil properties in the Loess Plateau in response to ridge-furrow cultivation with polyethylene and straw mulch. *Sci Rep* 9, 3090. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39637-w>
4. Dorembos, J. & Pruitt, W. (1990). Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje N° 24. FAO. 144 p.
5. FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -. (2016). AquaCrop. Introduction to AquaCrop. Disponible en: <http://www.fao.org/aquacrop/en/>
6. FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -. (2011). Buscan impulsar la siembra de maíz con acolchado plástico | Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe. <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/506958/>
7. Henríquez, C; Cabalceta, G. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. Escuela de Fitotecnia. Pp 34 - 42
8. INEC. (2019). Tabulados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2019. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Tabulados%20ESPAC%202019.xlsx
9. INEN. (1999). Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria NTE INEN 1761. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4529411/n-te-inen-1761--hortalizas-frescas.-choclo-ma%C3%ADz-tierno>
10. Jabran, K., & Chauhan, B. S. (2018). Weed control using ground cover systems. En *Non-Chemical Weed Control* (pp. 61–71). Elsevier.
11. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). Sistema de Información Pública Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería -Ecuador. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
12. Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., & Batka, M. (2009). Cambio climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. *Política Alimentaria*. International Food Policy Research Institute. Washington, DC, USA.
13. Perez, S. (1992). Cálculo de la necesidad de agua de las plantas con datos meteorológicos. Ed. Freire. Riobamba, Ecuador. 289 p.
14. Perrin R. K., D.L. Winkelmann, E.R. Moscardi, y J.R. Anderson. (1983). *Formulación de Recomendaciones a partir de Datos Agronómicos: Un Manual Metodológico de*

- Evaluación Económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Tercera Edición. México, D. F., iv+ 54 p.
15. Ren, X., Chen Xiaoli, Cai Tie, Wei Ting, Wu Yang, Ali Shahzad, Zhang Peng, Jia Zhikuan. (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, 1877. DOI=10.3389/fpls.2017.01877
 16. Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., Muñoz, K., Frör, O., & 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.
 17. Yáñez, C., Zambrano Mendoza, J. L., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). *El cultivo de maíz de altura. INIAP.*
 18. Zhang P, Wei T, Cai T, et al. (2017). Plastic-Film Mulching for Enhanced Water-Use Efficiency and Economic Returns from Maize Fields in Semiarid China. *Front Plant Sci.* 8:512. Doi:10.3389/fpls.2017.00512

Actividad 5. Ensayo DHE de nueva variedad de chulpi

ESTACIÓN EXPERIMENTAL:	Estación Experimental Santa Catalina (EESC)
PROGRAMA QUE PRESENTA:	Programa de Maíz
PROYECTO:	Obtención de variedades mejoradas de maíces de altura
TÍTULO DE LA ACTIVIDAD:	Examen de Distinción, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) de la nueva variedad de maíz chulpi INIAP-193
LOCALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD:	Sección Oriental de la EESC, Lote: La Celda
RESPONSABLE DE LA ACTIVIDAD:	Dr. José Luis Zambrano (INIAP, Programa de Maíz)
EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO:	Ing. Carlos Sangoquiza (KOPIA) Ing. Diego Campaña (INIAP, Programa de Maíz)+
FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD:	4/11/2020
FECHA DE TÉRMINO DE LA ACTIVIDAD:	31/12/2021
PRESUPUESTO (USD):	\$ 4. 538
FUENTE DE FINANCIAMIENTO (%):	INIAP 100%
ÁREA DE INVESTIGACIÓN:	Incremento de la Productividad
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	Mejoramiento Genético

1. Título de la actividad

Examen de Distinción, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) de la nueva variedad de maíz chulpi INIAP-193.

2. Antecedentes

En la Sierra del Ecuador, el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los más importantes, debido a la amplia área dedicada a su producción y por ser un componente básico en la dieta de la población, sobre todo rural (Yáñez *et al.*, 2013). En el Ecuador la superficie cosechada de Maíz suave en grano seco es de 44820 ha con una producción de 61275 t (MAG, 2019). El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a través del Programa de Maíz (PM) presentará a los agricultores de la Sierra una nueva variedad de maíz chulpi de grano amarillo (INIAP-193), de buen rendimiento y adaptada a altitudes comprendidas de 2400 y 2800 msnm, a fin de ampliar las posibilidades de diversificar la producción nacional de maíz. Esta variedad muestra tolerancia a enfermedades foliares, con un rendimiento promedio a nivel experimental en diferentes provincias de la Sierra de 3542 kg ha⁻¹ (Programa de Maíz, 2019).

Desde el año 2012 se han realizado trabajos de mejoramiento genético sobre el material de maíz chulpi (grano amarillo), entre ellos la selección de familias de Medios Hermanos (MH). Este sistema permite la eliminación de familias indeseables en las etapas tempranas, lo cual permite la selección de solamente las mejores mazorcas de los surcos seleccionados (CIMMYT, 1999b). Durante los años 2019 y 2020, en el noveno ciclo de MH, se evaluó el rendimiento y comportamiento del maíz chulpi (grano amarillo) en lotes de la provincia de Pichincha y Cotopaxi mostrando buenos resultados agronómicos y culinarios, generando expectativa entre los agricultores.

Se mantiene conversaciones con la empresa DICORNE (ANDEAN CORN) quienes necesitan de una variedad uniforme para incrementar su producción y poder exportar. Mientras tanto, el Departamento de Nutrición y Calidad de la EESC se encuentra ajustando protocolos para agregar valor al grano de esta nueva variedad y realizando los análisis de calidad nutricional del grano.

El examen de Distinción, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) consiste en establecer en campo la variedad a registrar y compararla con las variedades notoriamente conocidas los cuales verifican que la variedad candidata sea distinta a las variedades existentes; que sea homogénea y estable en la expresión de las características que la identifican. Por lo expuesto el presente trabajo tiene como finalidad cumplir con las directrices para realizar el examen DHE en la nueva variedad candidata de maíz chulpi INIAP-193, con el objetivo de identificar los caracteres de la nueva variedad, como trámite previo a su liberación.

3. Justificación

El examen de Distinción, Homogeneidad y Estabilidad (DHE) es un requerimiento de la autoridad nacional competente en Derechos de Propiedad Intelectual para registrar una nueva variedad ante la Secretaría Nacional de Derecho Intelectuales (SENADI), que permitirá reconocer y garantizar la protección de esta nueva variedad, observando lo establecido en el artículo 472 del Código Orgánico de la Economía Social de los

Conocimientos, Creatividad e Innovación (Registro Oficial 2016).

4. Objetivos

Objetivo General.

- Evaluar la distinción, homogeneidad y estabilidad (DHE) de la nueva variedad candidata de maíz chulpi INIAP-193.

Objetivo Específicos.

- Evaluar y determinar los rasgos agro-morfológicos de la variedad de maíz chulpi INIAP-193.
- Determinar si el maíz chulpi INIAP-193 es distinto de la variedad de maíz chulpi INIAP-192 y presenta homogeneidad en sus caracteres morfológicos y agronómicos.

5. Hipótesis

H0: El maíz chulpi (INIAP-193) no es distinto, homogéneo ni estable en comparación con INIAP-192, liberada en 1990.

H1: El maíz chulpi (INIAP-193) es distinto, homogéneo y estable en comparación con INIAP-192, liberada en 1990.

6. Materiales y métodos

Ubicación

Provincia:	Pichincha
Cantón:	Mejía
Parroquia:	Uyumbicho.
Lugar:	Sección Oriental (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP).
Coordenadas:	Latitud: Sur 0°22'19.55" ¹
	Long: W 78°30'56.82" ¹
	Altitud: 2 730 msnm

Ubicación del ensayo DHE de maíz chulpi (Sección Oriental, 2021)



Fotografía 1. Localización del ensayo de DHE de maíz chulpi. Sección Oriental de la Estación Experimental Santa Catalina. Mejía, Pichincha.

- **Variedades Seleccionadas para las pruebas de Distinción, Homogeneidad y Estabilidad.**

- Semillas de maíz chulpi (INIAP-193), variedad sujeta a la prueba DHE.
- Semilla de maíz variedad INIAP-192 (Caviedes, Moreno y Silva 1990), variedad a contrastar. Esta es la única variedad comercial de maíz chulpi registrada en el Ecuador y que por el tiempo perdió vigencia.

- **Unidad experimental.**

Parcelas de 5 m x 6.4 m (32 m²), que corresponde a 8 surcos por variedad, con un total de 160 plantas por parcela.

Diseño del experimento

El examen técnico de distinción, homogeneidad y estabilidad (DHE), se implementó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones usando semilla proveniente de los surcos machos de los lotes de MH cosechados en el ciclo 2019-2020 y de parcelas de mantenimiento de semilla de fitomejorador del Programa de Maíz (ciclo 2020-2021).

Variables a analizar

Las evaluaciones y mediciones de los respectivos caracteres y/o variables se realizó basadas en la tabla de caracteres de la Directriz Nacional para la ejecución del examen de Distinción, Homogeneidad y Estabilidad, emitida por el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI 2017), en 100 plantas de cada parcela.

Análisis estadístico

Para las variables cuantitativas de interés agronómico (altura de planta, altura de mazorca, días a floración masculina y femenina, porcentaje de acame, porcentaje de desgrane, y rendimiento) y otras que presenten diferencias cuantificables se realizó la prueba *t de student* con el fin de determinar diferencias estadísticas entre los dos tratamientos. Para las variables cualitativas se utilizaron herramientas de estadística descriptiva como análisis de frecuencias que determine la diferencia entre variedades al catalogarse con parámetros diferentes.

La evaluación de la uniformidad dependió del tipo de carácter, es decir si es cualitativo, pseudocualitativa o cuantitativo. En caso de los cualitativos y pseudocualitativa serán descritos como límites o rangos de cada variedad y se podría aceptar hasta un 5% de diferencias con lo descrito. En el caso de las variables cuantitativas se utilizó la media y un análisis de varianza (ANOVA, t test, separación de medias). La estabilidad refiere a que la nueva variedad presenta los mismos caracteres en varias réplicas o ambientes (IEPI, 2017).

7. Manejo específico del examen DHE.

Preparación del suelo. La preparación del suelo se realizó mediante labranza convencional. Primero la arada, seguido de dos pases de rastra y la surcada a una distancia de 80 cm.

Fertilización. Se realizó de acuerdo al análisis inicial de suelo por lo menos dos semanas antes de la siembra.

Siembra. Se realizó manualmente colocando 1 semilla a una distancia de 25 cm entre plantas y 80 cm entre surcos, dando un total de 50 000 plantas ha⁻¹.

Rascadillo: Esta consistió en realizar una limpieza de las malezas cuando estas se presentan sobre todo en la época crítica de competencia (0-45 días después de la siembra).

Aporque: Esta labor se realizó a los 45 y 60 días (estadío V6 a V8) después de la siembra, esta labor consiste en arrimar tierra alrededor de la planta con el objeto de ayudar al sostén de la planta.

Control de malezas. El control de malezas se realizó aplicando atrazina en pre emergencia, en estado V6 se aplicó Paraquat y 2,4, D Amina en dosis de 1 L ha⁻¹ y 0,8 L ha⁻¹ respectivamente para control de malezas de hoja angosta y ancha.

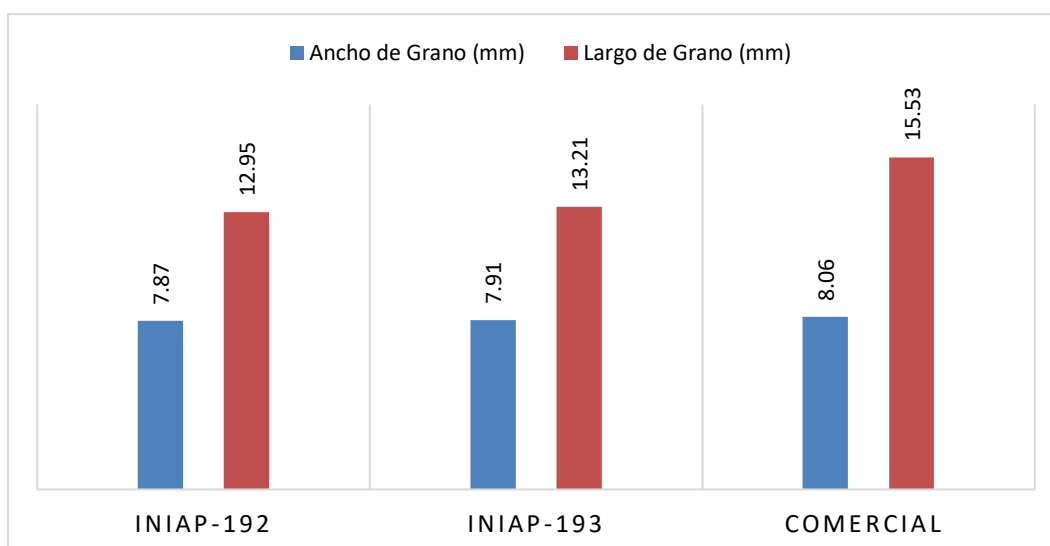
Control de plagas. Se realizó el control del gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), gusano de la mazorca (*Heliothis zea*) y mosca de mazorca (*Euxesta eluta*), con aplicaciones de insecticidas a base de clorpirifos y cipermetrina.

Cosecha. Se realizó quince días después de la madurez fisiológica, registrando: número de plantas cosechadas, número de mazorcas, peso de campo expresado en kilogramos y porcentaje de humedad (CIMMYT 1999a).

8. Resultados

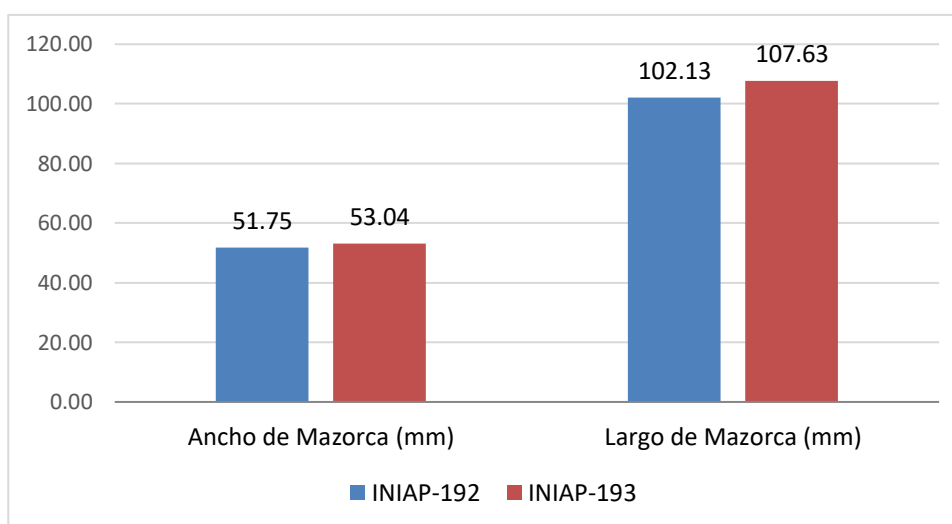
Los datos del ensayo no han podido ser tabulados ni analizados debido a la falta de técnicos en el Programa de Maíz. Sin embargo, se logró realizar unos pocos análisis:

Figura 1. Diferencia entre largo y ancho de grano chulpi



La figura 1, muestra que la variedad de maíz chulpi (INIAP-193), variedad sujeta a la prueba DHE, mostró un aumento en el largo y ancho del grano en comparación a la variedad existente (INIAP -192) con valores de 7,91 y 13,21 mm, respectivamente.

Figura 2. Diferencias entre ancho y largo de mazorca



La figura 2, muestra que la variedad de maíz chulpi (INIAP-193), variedad sujeta a la prueba DHE, mostró un aumento en el largo y ancho de la mazorca en comparación a la variedad existente (INIAP -192) con valores de 53,04 y 107,63 mm, respectivamente.

Se realizaron evaluaciones degustativas (sensoriales) de INIAP-192, INIAP-193 (nueva variedad) y el grano comercial Chulpi (La Pradera), con 60 personas, obteniéndose los siguientes resultados:

Figura 3. Preferencia sensorial de tres variedades de chulpi en degustaciones realizada en EESC, 2021.

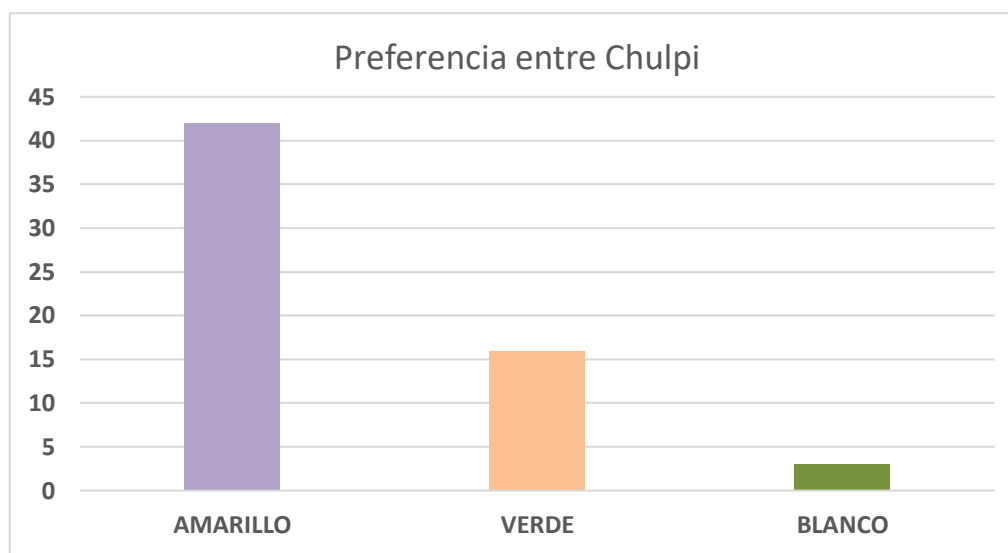
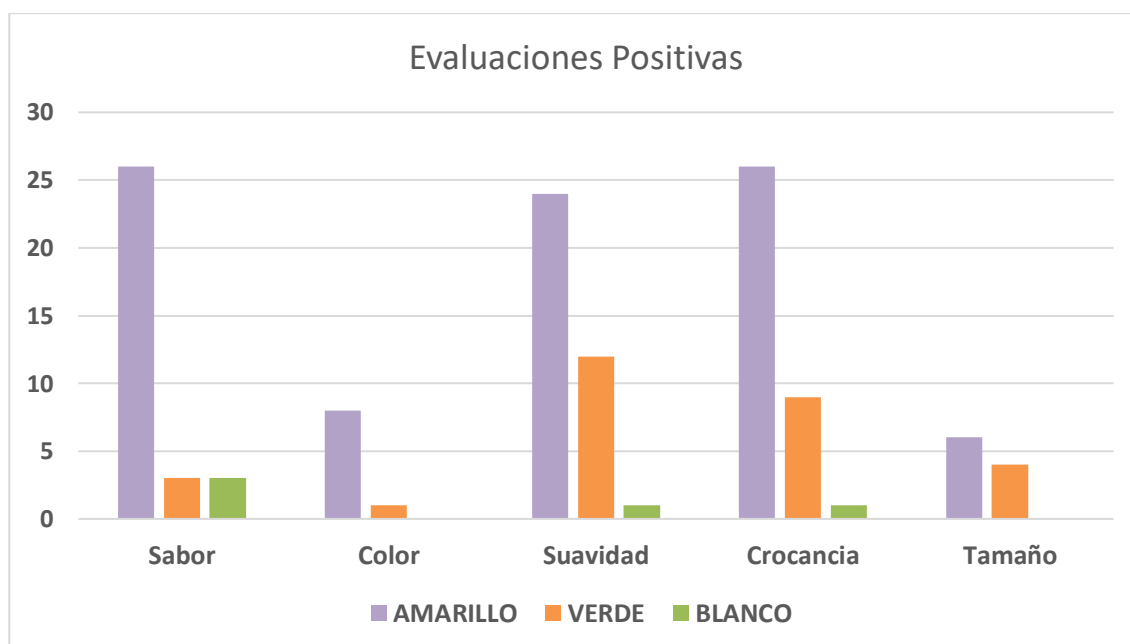


Figura 3. Criterios sensoriales para seleccionar a la mejor variedad de chulpi en degustaciones realizada en EESC, 2021.



La barra con el nombre de color Amarillo corresponde a INIAP-193, la verde a la variedad comercial de La Pradera y el verde a INIAP-192.

9. Referencias bibliográficas

1. Caviades C., M., Moreno A., F., y Silva C., E. (1990). Nueva variedad de maíz INIAP-192 (chulpi mejorado) para la Sierra ecuatoriana. Quito, EC, INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Maíz. (Plegable no. 110).
1. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1999^a). Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México, D.F. Cuarta impresión, 1995, 20p.
2. CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). (1999^b). Desarrollo, mantenimiento y multiplicación de semilla de variedades de polinización libre. Segunda edición. México, D.F.: CIMMYT.
3. IBPGR. (1991). Descriptors for Maize. International Maize and Wheat Improvement Center, México City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome.
4. Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI) (2017). Directriz nacional para la ejecución del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad. Última revisión Quito.
5. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). Sistema de Información Pública Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería -Ecuador. <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>
6. Programa de Maíz Estación Experimental Santa Catalina. (2019). Informe Anual 2019. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
7. Registro Oficial. (2016). "Código Orgánico de la Economía Social de los
8. Conocimientos, Creatividad e Innovación". Ecuador, Registro Oficial No.899 del 9 de diciembre de 2016.
9. Yáñez, C., Zambrano Mendoza, J. L., Caicedo, M., & Heredia, J. (2013). El cultivo de maíz de altura. Estación Experimental Santa Catalina.