

ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN CEREALES AÑO 2019



Boletín Técnico No. 175

Programa de Cereales
Estación Experimental Santa Catalina
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Mejía – Pichincha – Ecuador
Mayo 2020

Actividades de Investigación en Cereales

Año 2019

Luis Ponce-Molina, Diego Campaña, Patricio Noroña y Javier Garófalo.



Boletín Técnico No. 175

Mayo 2020

Departamento/Programa/Estación:

Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina,
del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Responsable del Programa y Equipo Técnico Multidisciplinario I+D:

PhD. Luis Jonatan Ponce Molina (Responsable Programa de Cereales)
MBA. Diego Fabricio Campaña Cruz (Técnico Programa de Cereales)
Ing. Patricio Javier Noroña Zapata (Técnico Programa de Cereales)
Mgs. Javier Alberto Garófalo Sosa (Técnico Programa de Cereales)

Socios Estratégicos para Investigación:

KOPIA RDA-Corea.
CIMMYT-México.
ICARDA-Marruecos.
Universidad de Alberta-Canadá.
Instituto de Mejoramiento de Plantas-Australia.
Universidad de Saskatchewan-Canadá.

Revisores Comité Publicaciones:

Ing. Luis Rodríguez, Director Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.
Ing. Pablo Viteri, Responsable Programa de Fruticultura, EESC-INIAP.
Ing. Verónica Andrade, Responsable Invernadero Automatizado, EESC-INIAP.
Ing. Diego Peñaherrera, Técnico Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

Revisores Externos:

Dr. Kang Jin Cho, Director Centro KOPIA-Ecuador.
Ing. Alicia Villavicencio, Técnico Centro KOPIA-Ecuador.

Año de publicación: 2020

Diseño y diagramación:

Imprenta IdeaZ

Como citar esta publicación:

Ponce-Molina, L., Campaña, D., Noroña, P., y Garófalo, J. (2020). *Actividades de Investigación en Cereales Año 2019*. Boletín Técnico No. 175. INIAP. Quito, Ecuador. 74 p.

ISBN Impreso: 978-9942-22-494-1

ISBN Digital: 978-9942-22-495-8

Prólogo

La Investigación en Cereales es un proceso continuo y metódico, el cual requiere de planificación y manejo adecuado de los experimentos para obtener información confiable y oportuna, que permita la generación de germoplasma con características deseables de adaptación, productividad, resistencia a enfermedades y calidad industrial.

El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es el encargado de generar, desarrollar y adaptar tecnologías para la producción sostenida de cereales en el Ecuador. Desde su creación en 1963 hasta la fecha ha liberado 18 nuevas variedades mejoradas de trigo, 14 de cebada, 6 de avena y 2 de triticale. Estas variedades mejoradas han sido entregadas a los productores cerealeros de la Sierra ecuatoriana, enriqueciendo su diversidad genética en campo, mejorando el rendimiento, así como los ingresos del agricultor y su familia, contribuyendo de esta manera con el desarrollo del país.

Anualmente, el Programa de Cereales evalúa entre 3000 a 5000 nuevos materiales mejorados de trigo, cebada, avena y triticale, con el objetivo de seleccionar germoplasma que se adapte a las principales zonas de producción, sean productivas ($\geq 3 \text{ t ha}^{-1}$), resistentes a las principales enfermedades (royas, virus, fusarium, escaldadura, carbón) y con características de calidad.

Los principales métodos de mejoramiento empleadas por el Programa de Cereales para la generación de germoplasma mejorado son los cruzamientos y/o hibridaciones, retrocruzamientos, introducciones y mutaciones inducidas; combinadas con las técnicas de selección de pedigree, masal, combinada y descendencia de una sola semilla.

En este documento se describen las actividades de investigación desarrolladas durante el año 2019 en los campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP y en campos de agricultores. Las actividades de investigación cuentan con financiamiento del Gobierno Nacional del Ecuador, y por el Centro KOPIA-Ecuador y el RDA de Korea, a través del proyecto "*Development of crop cultivation techniques for sustainable production of wheat and barley with soil conservation practices in Ecuador Highland*", el cual se desarrolla en las provincias de Imbabura, Pichincha y Chimborazo.

El personal técnico del Programa de Cereales creemos importante difundir los resultados alcanzados de las actividades que se desarrollan anualmente, los cuales pueden servir de guía para profesionales y estudiantes del área agrícola, y de conocimiento general para toda la población.

Contenido

CAPÍTULO 1	1
“DESARROLLO DE TÉCNICAS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE TRIGO Y CEBADA CON PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO EN LA SIERRA DEL ECUADOR”	1
1. ANTECEDENTES	2
2. OBJETIVOS	2
3. MATERIALES Y MÉTODOS	3
4. RESULTADOS	4
5. CONCLUSIONES	15
6. RECOMENDACIONES	15
7. REFERENCIAS	15
CAPÍTULO 2	17
EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA MEJORADO DE CEBADA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA	17
1. ANTECEDENTES	17
2. OBJETIVOS	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4. RESULTADOS	20
5. CONCLUSIONES	29
6. RECOMENDACIONES	29
7. REFERENCIAS	30
CAPÍTULO 3	31
EVALUACIÓN DE POBLACIONES SEGREGANTES DE CEBADA EN INVERNADERO Y CAMPO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA	31
1. ANTECEDENTES	31
2. OBJETIVOS	32
3. MATERIALES Y MÉTODOS	32
4. RESULTADOS	33
5. CONCLUSIONES	34
6. RECOMENDACIONES	34
7. REFERENCIAS	34
CAPÍTULO 4	35
EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA MEJORADO DE TRIGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA	35
1. ANTECEDENTES	36
2. OBJETIVOS	36
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
4. RESULTADOS	38
5. CONCLUSIONES	45
6. RECOMENDACIONES	45
7. REFERENCIAS	45
CAPÍTULO 5	46
EVALUACIÓN DE POBLACIONES SEGREGANTES DE TRIGO EN INVERNADERO Y CAMPO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA	46
1. ANTECEDENTES	46
2. OBJETIVOS	46
3. MATERIALES Y MÉTODOS	47
4. RESULTADOS	48
5. CONCLUSIONES	50
6. RECOMENDACIONES	50
7. REFERENCIAS	50
CAPÍTULO 6	51
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LINEAS DIFERENCIALES DE CEREALES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA	51
1. ANTECEDENTES	51
2. OBJETIVOS	51
3. MATERIALES Y MÉTODOS	52
4. RESULTADOS	52
5. CONCLUSIONES	54
6. RECOMENDACIONES	54
7. REFERENCIAS	54
ANEXOS	55

CAPÍTULO 1

“DESARROLLO DE TÉCNICAS DE CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE TRIGO Y CEBADA CON PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO EN LA SIERRA DEL ECUADOR”

(Development of crop cultivation techniques for sustainable production of wheat and barley with soil conservation practices in Ecuador Highland)

Luis Ponce-Molina, Javier Garófalo, Diego Campaña, Patricio Noroña

Resumen

La cebada y el trigo son cultivos que forman parte de la canasta básica familiar en la Sierra ecuatoriana. Se los considera cultivos de minifundio porque la mayoría de productores que los siembran lo hacen en superficies de no más de una hectárea, y al ser la principal fuente de alimento de estos agricultores de subsistencia, son considerados productos de seguridad alimentaria. Las zonas de producción de estos cultivos son áreas erosionadas, con baja fertilidad y problemas de pH, acompañados de un mal manejo del cultivo, agudizan el tema de producción a nivel nacional. Con estos antecedentes, el INIAP y el Centro KOPIA-Ecuador, plantearon un proyecto para tres años con el objetivo de recuperar el suelo a través de técnicas de conservación como la rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes y labranza mínima. Con la recuperación del suelo se podrá incrementar la productividad en los cereales, de esta forma mejorar el nivel de vida de los productores que dependen de estos rubros. En el primer año del proyecto, año 2019, se implementaron parcelas de investigación en las tres provincias que interviene el proyecto (Imbabura, Pichincha y Chimborazo) alcanzando una superficie de 4.75 ha. A la par, se sembraron 7.80 ha para la producción de semilla, ya que uno de los componentes para mejorar la producción es el uso de semilla de calidad. El promedio de producción en las áreas que intervino el proyecto fue de 2.7 t ha⁻¹, superando la media nacional de 1.2 t ha⁻¹ registrada para estos cultivos. Durante el año 2019 se realizaron diversas actividades de difusión, con un total de 10 eventos entre, cursos, talleres y días de campo, a los cuales asistieron un total de 540 personas. Adicionalmente se publicó un documento técnico sobre los parámetros de evaluación y selección en cereales. Los agricultores mostraron interés en la necesidad de recuperar y mantener el recurso suelo.

Palabras clave: conservación del suelo, trigo, cebada, productividad, Sierra ecuatoriana.

Summary

The crops of barley and wheat are part of the basic family basket in the Ecuadorian highlands. They are considered smallholding crops because the majority of producers who sow them, use areas of no more than one hectare, and like the main food source of these subsistence farmers, are considered food security products. The production areas of these crops are eroded lands, with low fertility and pH problems, accompanied by poor crop management, exacerbate the issue of production at the national level. With this background, INIAP and The Center KOPIA-Ecuador, proposed a three year project with the objective of recovered the soil through conservation techniques such as crop rotation, green manure and minimum tillage. Once the soil is recovered, productivity in cereals can be increased and the living level of the producers who depend on these items can be improved. The first year of the project, year 2019, research plots were implemented in the three provinces involved in the project (Imbabura, Pichincha and Chimborazo) reaching an area of 4.75 ha. At the time, 7.80 ha were sowing for seed production, due to one of the components to improve production is the use of quality seed. The average production in the areas involved in the project was 2.7 t ha⁻¹, exceeding the national average of 1.2 t ha⁻¹ recorded for these crops. During 2019 various dissemination activities were scheduled, with a total of 10 events between courses, workshops and field days, attended by a total of 540 people. Additionally, a technical document on cereal evaluation and selection parameters was published. The farmers shown interest on the need to recover and maintain the soil resource.

Keywords: soil conservation, wheat, barley, productivity, Ecuadorian highlands.

1. ANTECEDENTES

En Ecuador, el trigo es uno de los cereales más demandados por las familias ecuatorianas debido a que sus productos finales son de primera necesidad. A pesar de ello, la producción nacional representa una mínima cantidad del producto comercializado al interior.

La cebada por su parte, es una fuente importante de calorías en los Andes en general, complementándose con otros cultivos nativos como la quinua y el amaranto, que poseen un contenido de proteína alto y bien balanceado, pero que generalmente son menos rendidores que la cebada y requieren más mano de obra (Vivar y McNab, 2001).

En la región interandina de Ecuador se estima que un 70% de agricultores que se dedican a los cultivos de trigo y cebada lo hacen en una superficie menor a 1 ha (8 300 m²); aún fincas de 10 a 20 ha dedican solo 1 o 2 ha para la siembra de estos cultivos (INEC-MAG-SICA, 2002), debido a lo cual se trata de cultivos de minifundio y subsistencia; sin embargo, tienen una gran importancia desde el punto de vista de seguridad alimentaria, constituyéndose en fuentes de alimento para estos sectores que pertenecen a los estratos más vulnerables de la sociedad (Rivadeneira, 2005).

El cultivo de cereales en Ecuador se encuentra en las zonas altas de la Sierra ecuatoriana, que se caracterizan por tener suelos erosionados, con baja fertilidad y problemas de acidez, lo que provoca directamente una disminución en los rendimientos de los diferentes cultivos (Rivadeneira, 1995). Los rendimientos de los cereales obtenidos a nivel nacional son bajos, de 1.2 a 1.4 t ha⁻¹, en comparación con los rendimientos obtenidos en países vecinos (FOASTAT, 2019).

Los procesos erosivos en la región interandina afectan al 50% de la superficie. Estudios revelan pérdidas de 200 a 500 toneladas por hectárea por año, considerados por la FAO como procesos erosivos muy altos (FAO, 2015). Estos procesos erosivos aumentan por los efectos del viento y precipitaciones, pendientes de los relieves e impacto del hombre por actividades agrícolas. (De Noni y Trujillo, 1986; FAO, 2015)

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha generado tecnologías de conservación de suelos, como siembra en terrazas, zanjas de desviación de agua, caminos de agua, barreras vivas, entre otras. Adicionalmente el Programa de Cereales cuenta con mucha experiencia en la producción de cereales en las diferentes zonas del país. Por otra parte, en conjunto con la Universidad Central del Ecuador el INIAP ha desarrollado medidas de conservación de suelos y producción de cereales en diferentes procesos de investigación.

En el año 2019 el Centro KOPIA-Ecuador y el INIAP, a través del Programa de Cereales, inicia el presente proyecto en tres provincias de la Sierra ecuatoriana: Imbabura, Pichincha y Chimborazo.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Incrementar la productividad de trigo y cebada en un 20% entre los agricultores beneficiarios del proyecto ubicado en los Andes de Ecuador a través de un manejo integrado de cultivos, tecnologías de conservación de suelos y semillas de calidad.

Objetivos específicos

1. Validación de tecnologías de menor impacto ambiental.
2. Fortalecer el sistema de producción de cereales con uso de semilla de calidad.
3. Fortalecer las relaciones asociativas entre los agricultores.
4. Aumentar la productividad de trigo y cebada debido al uso del Manejo Integrado de Cultivos (MIC) y semilla de calidad en todas las áreas en las cuales se trabajará.
5. Difusión y transferencia del manejo integrado de cultivos, tecnologías de conservación del suelo y semillas de calidad entre los agricultores y los servicios de extensión del MAG.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

- Siembra parcelas de investigación y/o demostrativas y lotes comerciales: semilla de cebada variedad INIAP-Cañicapa 2003 y de trigo variedad INIAP-Vivar 2010, sembradora de siembra directa, fertilizantes edáficos (18-46-0, sulpomag, muriato de potasio, urea), cal agrícola, cementina, baldes plásticos, azadones, rastrillos.
- Mantenimiento de parcelas de investigación y/o demostrativas y lotes comerciales: fertilizantes (urea), herbicidas (metsulfurón metil).
- Evaluación y registro de datos en campo: GPS, barreno, fundas, etiquetas, libros de campo.
- Análisis de muestras de suelo y tejidos foliares: estufa eléctrica, reactivos, cristalería de laboratorio.
- Días de campo: Material didáctico y divulgativo.

B. Métodos

Selección de lotes:

Para este estudio se seleccionaron lotes representativos de las áreas cerealeras de las provincias de Imbabura, Pichincha y Chimborazo, que cumplieran con las características de buen drenaje, con fertilidad intermedia según los análisis de suelo. En las parcelas seleccionadas se tomó una muestra de suelo a una profundidad de 30 cm para un análisis químico y físico de los suelos. Las parcelas de campo seleccionadas tuvieron un rango en pendiente entre el 5 y el 18%. El manejo adecuado de cultivos se centró en el uso de semillas de calidad, fertilización, control de plagas y enfermedades, e implementación de técnicas de conservación de suelos.

Preparación del suelo:

En los lotes de siembra convencional el terreno se preparó con un mes de antelación con la finalidad de controlar las malezas e incorporar materia orgánica al suelo; para la preparación del terreno se utilizó un pase de arado y dos pases de rastra. Mientras que en los lotes para siembra directa solo se realizó el control químico de las malezas.

Época de siembra:

La siembra se realizó al inicio de las épocas lluviosas, en los meses de noviembre-diciembre en la provincia de Chimborazo y en febrero-abril en las provincias de Imbabura y Pichincha.

Sistema de siembra:

Se emplearon la técnica de siembra directa o labranza mínima para lo cual se utilizó una sembradora de mínima o cero labranza; y la técnica de siembra convencional "al voleo" tanto para parcelas de investigación como para lotes de multiplicación de semilla. La densidad de siembra fue de 180 kg ha⁻¹ para trigo y 150 kg ha⁻¹ para cebada. Previamente, la semilla fue desinfectada con Fludioxil en dosis de 2 cc kg⁻¹ de semilla.

Fertilización:

La cantidad de fertilizante químico en la siembra y la fertilización nitrogenada complementaria se realizó de acuerdo con el análisis del suelo. Todo el P, K, S y el 20% de N fue aplicado en la siembra. El 80% del N se lo aplicó en la fase fenológica Z22 (brote principal y dos macollos).

Control de malezas:

El control de malezas se realizó utilizando el herbicida post-emergente (metsulfurón metil) específico para controlar malezas de hoja ancha. La aplicación se realizó al inicio del macollamiento usando una dosis de 15 g ha⁻¹.

Control de plagas y enfermedades:

Durante el ciclo del cultivo se realizó controles de plagas (trozadores y pulgones) y enfermedades. Para el control de plagas se utilizó cipermetrina en dosis de 2 cc l⁻¹, y para el control de las enfermedades (roya amarilla y roya de la hoja) se utilizó propiconazole en dosis de 2 cc l⁻¹.

Técnicas de conservación de suelos:

Las técnicas de conservación de suelos que se emplearon dentro del proyecto fueron: rotación de cultivos, incorporación de abono verde y la labranza mínima o reducida.

Evaluación y recopilación de datos:

Una vez implementadas las parcelas, se tomaron muestras para determinar las propiedades, químicas y físicas del suelo. Las muestras de suelo se llevaron al laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, para su análisis. La evaluación de las diferentes técnicas de conservación implementadas se realizó a través del muestreo del suelo para determinar las características físicas y químicas antes y después de aplicar la técnica de conservación correspondiente, para luego verificar los incrementos y / o cambios en las condiciones físicas y químicas del suelo. Esta metodología nos permite determinar el efecto de las técnicas de conservación de una manera más práctica y eficiente.

Cosecha:

Se realizó de forma manual y mecanizada dependiendo de la localidad, una vez que las plantas alcanzaron la madurez de campo, utilizando una hoz para cortar las plantas, se formó un montículo o parva para cada uno de los tratamientos; posteriormente, se trilló cada tratamiento con una trilladora estacionaria para evitar la mezcla de los tratamientos. El grano cosechado fue almacenó en bolsas de tela con su respectiva identificación.

Post cosecha:

El material colectado fue colocado en los invernaderos del Programa de Cereales para secar el grano y que la humedad sea de alrededor del 12-13%. Una vez seco se limpió las impurezas y almacenó.

Día de Campo:

Los días de campo se realizaron en las parcelas de investigación para dar a conocer los resultados del proyecto. Se entregó material divulgativo a los participantes.

4. RESULTADOS

Actividad 1. Programa de capacitación para técnicos de Transferencia del INIAP.

Se realizó el curso teórico-práctico “Mejora genética vegetal en autógamias”, que se impartió los días 06 y 07 de noviembre de 2019 en la Estación Experimental del Austro, a la que asistieron 28 personas, entre técnicos pertenecientes a las Unidades de Desarrollo Tecnológico del INIAP, así como técnicos de la Estación Experimental del Austro, técnicos del MAG y docentes de la Universidad de Cuenca. Abordando temas de genética, mejoramiento, manejo adecuado del cultivo, fertilización, diseño y estadística (Fotografía 1).



Fotografía 1. Curso Mejora genética vegetal en autógamias

Actividad 2. Análisis de resultados y preparación de informe técnico, informe semestral y de fin de año.

El equipo técnico del Programa de Cereales trabajó en la preparación de los informes de actividades que se envió a los Directores del Centro KOPIA-Ecuador y de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP (Fotografía 2).



Fotografía 2. Reuniones de trabajo proyecto KOPIA

Actividad 3. Siembra de parcelas de investigación y / o demostrativas en las Provincias de Chimborazo (2 parcelas), Imbabura (2 parcelas) y Pichincha (1 parcela)

Las parcelas de investigación de cereales se sembraron en cada una de las Provincias que forman parte del proyecto (Tabla 1), donde los miembros de cada asociación fueron responsables de preparar la tierra y sembrar los ensayos bajo la supervisión de los técnicos del Programa de Cereales y de las Unidades de Desarrollo Tecnológico. Se sembraron un total de cinco parcelas de investigación, con una superficie de 4.75 ha (Fotografía 3).

Tabla 1. Parcelas de investigación implementadas por el proyecto INIAP-KOPIA 2019.

Provincia	Localidad	Parroquia	Cantón	Latitud	Longitud	Área (ha)	Técnica de conservación de suelos (1er año)	Cultivo	Fecha Siembra	Pendiente %
Imbabura	Asociación El Abra	Esperanza	Ibarra	N0 15.404	W78 07.687	1.00	Siembra directa	Trigo	12/03/2019	18
	Ugsha/ Asociación Plaza Pallares	San Pablo del Lago	Otavaló	N0 12.081	W78 08.365	0.60	Rotación cultivo	Cebada	15/02/2019	9
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	Aloasí	Mejía	S0 30.632	W78 35.498	1.00	Abono verde	Cebada	07/03/2019	5
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	Gonzol	Chunchi	S2 15.789	W78 50.104	1.25	Siembra directa	Trigo	27/02/2019	9
	Puculpala	Quimiag	Riobamba	S1 40.705	W78 35.152	0.90	Abono verde y rotación cultivo	Cebada	06/02/2019	14
Total						4.75				

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico

Además, se implementaron seis parcelas de multiplicación de semilla de trigo y cebada en diferentes localidades dentro de las provincias que forman parte del proyecto, con el objetivo de obtener semilla de calidad, que será utilizada el próximo ciclo. La superficie total fue de 7.80 ha (Tabla 2) (Fotografía 3).

Tabla 2 . Parcelas de multiplicación de semilla implementadas por el proyecto INIAP-KOPIA 2019.

Provincia	Localidad	Parroquia	Cantón	Latitud	Longitud	Área (ha)	Cultivo	Fecha de siembra
Imbabura	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	San Pablo del Lago	Otavalo	N0 12.798	W78 08.198	0.80	Cebada	26/02/2019
Pichincha	AiBonito	Cochasqui	Pedro Moncayo	N0 03.213	078 19.044	3.00	Cebada	22/01/2019
Chimborazo	Corpogonzol	Gonzol	Chunchi	S2 15.789	W78 50.104	1.00	Cebada	08/03/2019
						0.50	Cebada	08/03/2019
	Yacupungo (La Ermita)	Tixán	Alausí	S2 07.938	W78 44.615	1.00	Cebada	04/02/2019
	Piñancay	Capzol	Chunchi	S2 16.802	W78 57.126	1.00	Cebada	09/03/2019
	Udoric	Sicalpa	Colta	S1 41.770	W78 47.535	0.50	Cebada	12/02/2019
Total						7.80		

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico



Fotografía 3. Siembra en localidades de Imbabura y Chimborazo.

En el ciclo 2019, se entregaron 2300 kg de fertilizantes, 3600 g de herbicida y 1 l de fungicida (Tabla 3). Adicionalmente, se entregaron 1486.8 kg de semilla de calidad de cebada, trigo, avena y vicia (Tabla 4).

Tabla 3. Cantidad de suministros agrícolas entregados en las diferentes comunidades.

Localidad	Fertilizantes kg ⁻¹			Herbicida (g)	Fungicida (l)
	18-46-0	K+Mg	Urea		
El Abra	100	50	50	30	
Ugsha/Asociación Plaza Pallares	200	100	100	30	
Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	150	100	150	30	
Chilcapamba (Corpogonzol)	150	50	200	90	
Puculpala	150	50	50	30	1
Yacupungo (La Ermita)	100	50			
Piñancay	100	50	50	15	
Udoric	125	125	50	15	
Total	1075	575	650	3600	1
		2300		3600	1

Tabla 4. Cantidad de semilla entregada en las diferentes comunidades.

Localidad	Cantidad de Semilla (kg)						
	Cebada		Trigo			Avena	Vicia
	CM-09-003	INIAP-Pacha 2003	INIAP-Vivar 2010	INIAP-Imbabura 2014	INIAP-San Jacinto 2010	INIAP-82	
El Abra			135				
Ugsha/Asociación Plaza Pallares	270						
Asoc. Inter. de Trabajadores El Tambo	225						
Chilcapamba (Corpogonzol)	90	135	135		45	40	6.8
Puculpala	135						
Yacupungo (La Ermita)				135			
Piñancay				135			
Total	720	135	270	270	45	40	6.8
		855		585		40	6.8

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico

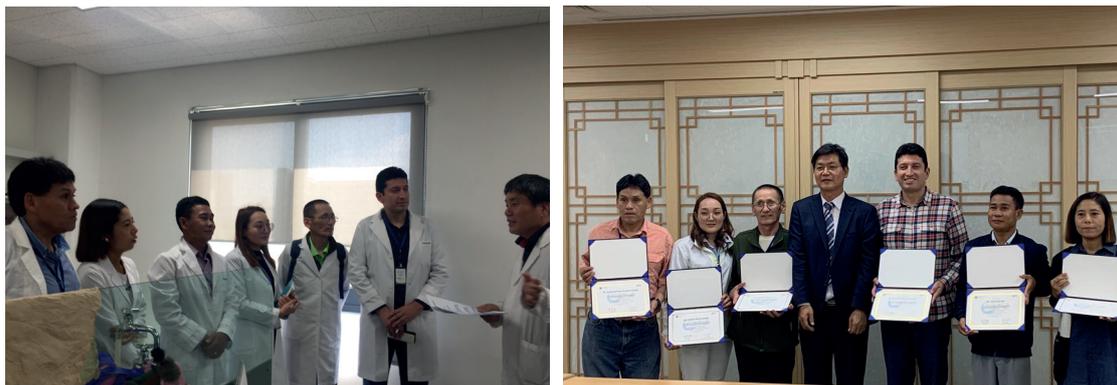
Actividad 4. Capacitación de un Técnico del INIAP en Corea

Un técnico del programa de cereales asistió al “Programa de capacitación internacional KOPIA 2019 sobre tecnologías de mejoramiento y cultivo de trigo”, llevado a cabo por el NICS-RDA en cooperación con KOPIA del 15 al 19 de abril de 2019, en Joenju-República de Corea.

Los temas principales que se abordaron en el curso de capacitación fueron (Fotografía 4):

- Tendencias actuales de mejoramiento de trigo y cebada y su cultivo en Corea.
- El cultivo y la tecnología de producción de semillas de trigo y cebada.
- Investigación molecular de trigo en Corea.
- Tecnología de análisis de calidad de cebada y procesamiento de productos finales en Corea.
- Cultivo de invierno de trigo en Corea y bioensayos de resistencia para la mejora de resistencia a enfermedades.
- Visita de campos experimentales de cultivos (trigo, cebada y avena), laboratorio de calidad, laboratorio de mejoramiento molecular, laboratorio de enfermedades de plantas y práctica de cruces artificiales de trigo.





Fotografía 4. Curso de formación en RDA-Corea

Actividad 5. Difusión de resultados (días de campo)

a. Provincia de Chimborazo

▪ Capacitación Agricultores

En las comunidades de Gonzol y Puculpa se realizó la capacitación “Importancia de la fertilización en el cultivo de trigo y cebada”, con la participación de 60 agricultores (Fotografía 5).



Fotografía 5. Capacitación de agricultores en las comunidades Gonzol y Puculpa.

▪ Día de campo: “Siembra de parcelas demostrativas en técnicas de conservación de suelos” en la parroquia de Gonzol, provincia de Chimborazo, 27 de febrero de 2019.

El día de campo fue organizado con la comunidad y las escuelas de la zona, se realizó la siembra de las parcelas de investigación, con la participación de 89 personas (Fotografía 6).



Fotografía 6. Día de campo realizado - Parroquia Gonzol - Provincia de Chimborazo.

- **Día de campo: “Potencialización de la cadena agroproductiva del trigo” en la parroquia Gonzol, cantón Chunchi, provincia de Chimborazo”, 21 de agosto de 2019.**

En la parroquia de Gonzol, provincia de Chimborazo, se llevó a cabo el día de campo sobre el “Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo y cebada con prácticas de conservación del suelo en la región Interandina de Ecuador”, con la participación de 132 agricultores (Fotografía 7). En el lote se implementaron dos técnicas de conservación (abono verde, siembra directa) frente al cultivo convencional. En el día de campo se explicó la importancia de conocer el manejo apropiado del suelo y se demostraron alternativas para una producción sostenible de cereales.



Fotografía 7. Día de Campo - Parroquia Gonzol – Provincia de Chimborazo.

b. Provincia de Imbabura

- **Capacitación Agricultores**

En las comunidades de El Abra y Ugsha se realizó la capacitación “Importancia de la fertilización en el cultivo de trigo y cebada” y “Manejo adecuado de enfermedades en cereales (trigo y cebada)” con la participación de 50 agricultores (Fotografía 8).



Fotografía 8. Capacitación realizada en las Comunidades de El Abra y Ugsha en la Provincia de Imbabura.

- **Día de campo: “Potencialización de la cadena agroproductiva del trigo” en la parroquia La Esperanza, provincia de Imbabura, 14 de agosto de 2019.**

En la comunidad de El Abra con la participación de 60 agricultores se realizó una práctica demostrativa sobre la conservación del suelo, con el fin de que los agricultores mejoren sus sistemas de producción de trigo. Los participantes pudieron demostrar en el campo las prácticas implementadas a muchos de sus pares. (Fotografía 9)



Fotografía 9. Los agricultores en el día de campo – Parroquia La Esperanza – Provincia de Imbabura.

c. Provincia de Pichincha

▪ Capacitación Agricultores.

En la comunidad de El Tambo se realizó la capacitación “Importancia de la fertilización en el cultivo de trigo y cebada”, y “Manejo adecuado de enfermedades en cereales (trigo y cebada)”, con la participación de 34 agricultores, el 03 de agosto de 2019 (Fotografía 10). Adicionalmente, 10 agricultores fueron capacitados en el Departamento de Nutrición y Calidad de la EESC, en la producción de cerveza artesanal, el 20 de agosto de 2019 (Fotografía 11).



Fotografía 10. Capacitación realizada en la parroquia Aloasí de la provincia de Pichincha.



Fotografía 11. Agricultores capacitados en la producción de cerveza artesanal.

- **Día de Campo: “Tecnologías para la producción sostenible de cereales en el Ecuador”, 03 de julio de 2019.**

En la parroquia de Tocachí del cantón Pedro Moncayo, en la provincia de Pichincha, se realizó el día de campo sobre Tecnologías para la producción sostenible de cereales en el Ecuador con la participación de 100 agricultores. Los participantes pudieron observar en el campo las prácticas implementadas. Adicionalmente se explicó cómo estas alternativas aplicadas al cultivo de cereales benefician a los agricultores en su proceso de producción (Fotografía 12).



Fotografía 12. Día de Campo – Parroquia Pedro Moncayo – Provincia de Pichincha

Cabe resaltar que como parte de la Actividad 5, Difusión de Resultados, se realizaron un total de 10 eventos de difusión y capacitación con un total de 540 participantes (Anexo 1).

Actividad 6. Registro y evaluación de datos de las parcelas de investigación y / o demostración.

En los lugares de estudio, se registraron las variables: rendimiento de grano, densidad aparente, humedad gravimétrica, humedad volumétrica y cantidad de materia seca y materia verde. Los valores promedio se presentan en la Tabla 5. Donde se puede apreciar que las diferencias entre la siembra convencional y el lote experimental no son estadísticamente significativas, a excepción del ensayo en Gonzol, esto debido a la técnica de siembra directa, la cual en los primeros ciclos presentará menores rendimientos. Esta información para cuestiones del proyecto es la línea base.

Tabla 5. Principales resultados de las parcelas de investigación implementadas por el Proyecto KOPIA - Cereales año 2019.

Provincia	Locación	Parcela	Día de Cosecha	Rendimiento t ha ⁻¹	Densidad Aparente g cc ⁻¹	Humedad Gravimétrica (%)	Humedad Volumétrica (%)
Imbabura	El Abra	Experimental	30/08/2019	2.2	1.5	23.6	35.0
		Convencional		2.3	1.4	24.0	34.2
	Ugsha/Aso. Plaza Pallares	Experimental	20/07/2019	2.0	1.4	25.7	35.9
		Convencional		2.4	1.5	24.6	37.2
Pichincha	Aso. Inter. Trabajadores El Tambo	Experimental	24/09/2019	3.0	1.2	31.9	38.6
		Convencional		3.2	1.2	31.0	37.4
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	Siembra Directa	23/09/2019	2.9	1.9	32.5	61.9
		Convencional		3.5	1.9	32.0	61.9
		Abono Verde		62.7*	1.8	34.1	62.7
				27.0**			
Puculpala	Experimental	29/07/2019	3.6	1.9	18.4	35.9	
	Convencional		3.1	2.0	15.1	30.3	

* Materia Verde, ** Materia Seca.

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico.

Actividad 7. Prácticas de cultivo agrícola y monitoreo de parcelas de investigación y / o demostración.

Durante la ejecución del proyecto, se realizaron 29 salidas de seguimiento a los ensayos de investigación implementados en las diferentes provincias (Tabla 6). Las principales actividades realizadas fueron: consecución y preparación de lotes, siembra de parcelas de investigación y lotes de multiplicación de semilla, muestreo de suelo para siembra y cosecha, control de enfermedades, fertilización y cosecha.

Tabla 6. Fechas y actividades realizadas en los ensayos de investigación en las diferentes provincias.

Fecha	Provincia	Actividades
16/01/2019	Chimborazo	Consecución de lotes
24/01/2019	Imbabura	Consecución de lotes
05/02/2019	Chimborazo	Firma de compromisos
19/02/2019	Imbabura	Delimitación de Ensayos
19/02/2019	Chimborazo	Delimitación de Ensayos
26/02/2019	Chimborazo	Siembra de Ensayos
28/02/2019	Pichincha	Consecución de lotes
07/03/2019	Pichincha	Siembra de Ensayos
12/03/2019	Imbabura	Siembra de Ensayos y muestreo
19/03/2019	Chimborazo	Seguimiento de parcelas de investigación
22/03/2019	Pichincha	Seguimiento de parcelas de investigación
03/04/2019	Imbabura	Entrega de insumos, monitoreo y georreferenciación
11/04/2019	Pichincha	Seguimiento de parcelas de investigación
16/04/2019	Chimborazo	Seguimiento de parcelas de investigación y lotes de multiplicación
02/05/2019	Pichincha	Seguimiento de parcelas de investigación
14/05/2019	Pichincha	Seguimiento de parcelas de investigación y lotes de multiplicación
21/05/2019	Chimborazo	Capacitación y monitoreo
06/06/2019	Imbabura	Capacitación
19/06/2019	Chimborazo	Muestreo y monitoreo de incorporación de abono verde
03/07/2019	Pichincha	Capacitación para agricultores de El Tambo del cantón Mejía
25/07/2019	Imbabura	Muestreo y monitoreo de suelo y rendimiento
30/07/2019	Chimborazo	Muestreo y rendimiento del suelo en Quimiag
03/08/2019	Pichincha	Capacitación
06/08/2019	Chimborazo	Gonzol muestreo de densidad aparente del suelo
13/08/2019	Imbabura	Muestreo de suelos y densidad aparente
14/08/2019	Pichincha	Muestreo ensayos ensayos localidad El Tambo
20/08/2019	Chimborazo	Día de campo de Gonzol
03/09/2019	Pichincha	Seguimiento de ensayos de investigación en la localidad de El Tambo
20/10/2019	Chimborazo	Planificación del próximo ciclo de plantación

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico.

Actividad 8. Análisis de muestras de suelo y tejido foliar.

Durante el ciclo de siembra 2019, al inicio y al final se tomaron 115 muestras, 114 para análisis físico-químico del suelo y una muestra foliar. En el análisis de suelos, se determinaron pH, N, P, K, Ca, Mg, materia orgánica y textura; y en los análisis de muestras foliares se determinaron N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Fe y Mn (Tabla 7). Los principales resultados se presentan en el Tabla 8.

Tabla 7. Número de análisis de suelos y foliares realizados por localidad.

Provincia	Localidad	Muestras Suelo		Muestra Hoja
		Muestra Inicial*	Muestra Final**	
Imbabura	Finda/Asociación El Abra	12	12	
	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	10	10	
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	10	10	
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	15	15	1
	Puculpala	10	10	
Total		57	57	1
		115		

* Anexo 2, ** Anexo 3

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico.

Tabla 8. Promedios de variables registradas en las parcelas de investigación implementadas en las diferentes Provincias.

Provincia	Localidad	Parcela	Día Cosecha	% Materia Orgánica	pH	ppm		meq/100 ml	Textura
						NH ₄	P	K	
Imbabura	El Abra	Cultivo Convencional	30/08/2019	3.1	6.1	7.9	14.8	0.3	Arcilla Franca
		Experimental		2.7	5.8	11.6	20.2	0.4	Arcilla Franca
	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	Cultivo Convencional	20/07/2019	3.5	5.8	27.1	16.8	0.5	Arcilloso
		Experimental		3.0	6.0	24.5	15.6	0.5	Arcilloso
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	Cultivo Convencional	24/09/2019	4.1	6.1	16.4	18.1	0.6	Arena Franca
		Siembra Directa		4.1	6.1	10.3	44.9	0.4	Arena Franca
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	Cultivo Convencional	23/09/2019	4.2	5.8	18.4	22.0	0.4	Arcilloso
		Abono Verde		3.9	5.9	19.0	31.3	0.7	Arcilloso
	Experimental		3.6	5.9	11.3	17.8	0.7	Arcilloso	
	Puculpala	Cultivo Convencional	29/07/2019	2.2	6.8	17.0	8.0	0.6	Arcilloso
2.3				6.8	20.4	37.2	0.8	Arcilloso	

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico.

Actividad 9. Proyecto de socialización y consecución de lotes en zonas productoras de granos de la provincia de Imbabura, Pichincha y Chimborazo.

El proyecto se socializó con líderes, agricultores, técnicos del MAG y juntas parroquiales de las provincias en la que se ejecutó el proyecto. Las asociaciones que forman parte del proyecto son: El Abra, Plaza Pallares, El Tambo, CorpoGonzol y Puculpala. Con un total de 188 agricultores beneficiarios en las provincias de Imbabura, Pichincha y Chimborazo (Tabla 9 y Fotografía 13).

Tabla 9. Socialización a agricultores del Proyecto KOPIA-INIAP en las provincias de Imbabura, Pichincha y Chimborazo.

Provincia	Localidad	Parroquia	Cantón	Beneficiarios
Imbabura	El Abra	Esperanza	Ibarra	30
	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	San Pablo del Lago	Otavalo	40
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	Aloasí	Mejía	40
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	Gonzol	Chunchi	38
	Puculpala	Quimiag	Riobamba	30
Total				188

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico.



Fotografía 13. Socialización del proyecto con agricultores y técnicos. (A) Provincia de Imbabura. (B) Provincia de Chimborazo, 2019.

Actividad 10. Actividades Adicionales

Entrega de Prendas de Protección

En las cinco comunidades, el Programa de Cereales y el Centro Kopia, entregaron equipos de protección para la aplicación de pesticidas (Fotografía 14). En total se entregaron 60 prendas de protección (Tabla 10).



Fotografía 14. Entrega de equipos de protección en Chimborazo (A), Entrega de equipos de protección en Imbabura (B) y Pichincha (C)

Tabla 10. Cantidad de ropa o equipo de protección entregados en las diferentes comunidades

Provincia	Localidad	Prendas y equipo de protección					Total
		Botas/ Pares	Lentes	Guantes	Mascaras	Prendas Impermeables	
Imbabura	El Abra	3	3	3	3	3	15
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	3	3	3	3	3	15
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	3	3	3	3	3	15
	Puculpala	3	3	3	3	3	15
Total		12	12	12	12	12	60

Fuente: Programa de Cereales y Unidades de Desarrollo Tecnológico.

Actividad 11. Publicación técnica “Parámetros de evaluación y selección en cereales”

En colaboración con el Centro KOPIA-Ecuador, se publicó un Manual Técnico cuya cita es: Ponce, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, J. 2019. Parámetros de evaluación y selección en cereales. Manual No. 111. Quito, Ecuador. INIAP. 58p.

Este Manual servirá a técnicos y estudiantes, como guía básica de los datos más importantes que se recopilarán en el campo para identificar, evaluar y seleccionar germoplasma de cereales con características deseables. Dicho documento se encuentra disponible en digital en el siguiente link: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>

5. CONCLUSIONES

Se implementaron los ensayos de técnicas de conservación de suelos en las tres provincias que intervienen en el proyecto. Adicionalmente se sembraron lotes de multiplicación de semillas para promover el uso de semilla de calidad. Además, se capacitaron a los productores en el manejo de fertilización y control de enfermedades en los cultivos de trigo y cebada. A través de días de campo se promovió el manejo sostenible de estos cultivos. Finalmente, se capacitó a 28 técnicos en mejora genética vegetal en cereales y se realizó una publicación técnica como insumo para los técnicos y estudiantes que deseen investigar en estos cultivos.

6. RECOMENDACIONES

El proyecto tuvo buena aceptación por parte de los agricultores participantes, los cuales están interesados en promover el uso adecuado de técnicas de conservación de suelo en todas las zonas cerealeras de la Sierra ecuatoriana. Ante esta situación, el siguiente ciclo agrícola se incluirá la Provincia de Bolívar dentro del área de influencia del proyecto. También se propone que durante el nuevo ciclo se capacite a los productores en Producción Artesanal de Semilla y Valor Agregado.

7. REFERENCIAS

De Noni, G. y Trujillo, G. (1986). *Degradación del suelo en el Ecuador*. Cultura 24:383–94.

Falconí-Castillo, E., Garófalo, J., Llangarí B. y Espinoza, M. (2010). *El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. (Boletín Divulgativo no. 390)

Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2015). Estado mundial del recurso suelo (EMRS). *Resumen técnico*. Roma.

Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2018). *Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales*. <http://www.fao.org/>

FAOSTAT. (2019). Statistics Database. Consultado 20 octubre del 2019. Disponible en: [<http://www.fao.org/faostat/en/#data>].

Garofalo, J., Ponce, L., y Abad, S. (2011). *Guía del cultivo de trigo*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. (Boletín Divulgativo no. 411).

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. Manual No.111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p. ISBN Impreso 978-9942-22-467-5 e ISBN Digital 978-9942-22-468-2. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>

Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). *Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales*.

CAPÍTULO 2

EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA MEJORADO DE CEBADA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

(Evaluation of improved germplasm of barley in the Experimental Station Santa Catalina)

Luis Ponce-Molina, Javier Garófalo, Diego Campaña, Patricio Noroña

Resumen

La cebada es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial. En el Ecuador es el tercero más cultivado, difundido entre los 2400 a 3500 metros de altitud. Las provincias que más la cultivan son: Chimborazo, Pichincha, Carchi, Cotopaxi e Imbabura. La media nacional es de 1.4 t ha⁻¹, muy por debajo de la media regional de más de 3 t ha⁻¹. Los principales factores limitantes para este cultivo son las enfermedades fúngicas que reducen la productividad hasta un 80%. La manera más económica de controlar las enfermedades es a través de la incorporación de genes de resistencia empleando las diversas técnicas de mejora genética vegetal. El Programa de Cereales del INIAP ha venido trabajando por cerca de 60 años generando germoplasma con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad. Durante el año 2019, se implementaron los denominados ensayos de rendimiento (ER), los cuales tienen el objeto de evaluar y seleccionar germoplasma de cebada con características deseables y adaptadas a nuestras condiciones. En la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), en total se evaluaron cinco ensayos de rendimiento, conformados por 65 líneas avanzadas, los cuales fueron sembrados en tres repeticiones, bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en parcelas de 3.6 m². Estos ensayos fueron evaluados para determinar: establecimiento, vigor, hábito de crecimiento, altura de planta, resistencia a enfermedades, días al espigamiento, días a la cosecha, rendimiento y calidad. Al final se seleccionaron 24 líneas con características superiores a los testigos. Estas líneas serán evaluadas durante el ciclo 2020 en los campos experimentales de la EESC.

Palabras clave: mejora genética, cebada, adaptación, resistencia.

Summary

Barley is the fourth most cultivated cereal in the world. In Ecuador is the third most cultivated, distributed between 2400 to 3500 meters of altitude; the provinces that more cultivate barley are: Chimborazo, Pichincha, Carchi, Cotopaxi and Imbabura. The national average is 1.4 t ha⁻¹, below of the regional average of more than 3 t ha⁻¹. The main limiting factors for this crop are fungal diseases that reduce productivity up to 80%. The most economical way to control diseases is through the incorporation of resistance genes using plant genetic improvement techniques. The Cereal Program of INIAP has been working for about 60 years generating germplasm with characteristics of disease resistance, productivity and quality. During 2019, were implemented the called yield tests (ER), which have the goal of evaluate and select barley germplasm with desirable characteristics and adapted to our conditions. In the Experimental Station Santa Catalina a total of five yield tests were evaluated, consisting of 65 advanced lines, which were sown in three repetitions, under a Random Full Block Design, in plots of 3.6 m². These trials were evaluated by establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days to heading, harvest days, yield and quality. Finally, 24 lines with superior characteristics were selected, which will be evaluated during the 2020 cycle in experimental fields.

Keywords: genetic improvement, barley, adaptation, resistance.

1. ANTECEDENTES

El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial después del trigo, maíz y arroz (FAO, 2018). La razón de su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones (Canal, 2012), difundida ampliamente en el callejón Interandino entre los 2400 y 3500 metros de altitud (Falconi et al., 2013). En el Ecuador, según las estadísticas del INEC (2018), la superficie dedicada al cultivo de cebada fue de 10124 hectáreas con una producción anual de 13 mil toneladas. En el país las importaciones superan 72 mil t año⁻¹ (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019). El cultivo se encuentra distribuido en todas las provincias de la Sierra. Las provincias con mayor área sembrada son Cotopaxi (2460 ha), Carchi (2419 ha), Chimborazo (2130 ha), Pichincha (1197 ha) e Imbabura (976 ha) (INEC, 2018).

El Ecuador presenta un rendimiento de granos por superficie cosechada de 1.4 t ha⁻¹ mientras que los diez países con mayor rendimiento presentan un promedio de 6.7 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019). El mejoramiento genético en cebada en el Ecuador es necesario para aumentar el rendimiento en este cultivo. Con una variedad de alto rendimiento se optimizará las áreas de producción, al generar mayor producción agrícola en una menor superficie.

En una perspectiva global, las enfermedades fúngicas son las principales causas de la reducción en el rendimiento en trigo y cebada. Entre éstas, las enfermedades causadas por patógenos biotróficos como las royas, las que ocasionan los mayores daños al cultivo, debido a sus características de intensidad y momentos ontogénicos del cultivo en que afecta (Carretero et al., 2012). Por su frecuencia de aparición y severidad en Ecuador, las enfermedades más importantes son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia hordei*), escaldadura (*Rhynchosporium secalis*), virus del enanismo amarillo (BYDV) y *Fusarium* spp. (Falconí et al., 2013).

En la actualidad el Programa de Cereales del INIAP, en sus ensayos de rendimiento cuenta con nuevo germoplasma que incluye líneas promisorias y materiales provenientes de introducciones de Centros Internacionales: Alberta Canadá e ICARDA, que serán evaluados bajo nuestras condiciones para identificar genotipos mejor adaptados, alto rendimiento, resistencia a enfermedades y mayor calidad para la agroindustria.

Los métodos de mejoramiento empleados por el Programa de Cereales son: cruzamientos, introducciones, mutación, adaptación y selección. Durante el 2019 las investigaciones estuvieron orientadas a evaluar el comportamiento agronómico y resistencia a las principales enfermedades (roya amarilla, roya de la hoja y escaldadura) de líneas promisoras y/o avanzadas evaluadas en campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP y zonas cebaderas. Adicionalmente se generaron diferentes poblaciones segregantes de cebada. Se refrescó e incrementó semilla de categoría “básica y fitomejorador” de las variedades mejoradas.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Generar germoplasma mejorado de cebada (*Hordeum vulgare* L.), que presente alto rendimiento, calidad y resistencia a las principales enfermedades del cultivo.

Objetivos específicos

- Desarrollar y evaluar germoplasma mejorado de cebada con características deseables.
- Incrementar la diversidad genética de cebada mediante la generación y selección de germoplasma mejorado de cebada en campos experimentales.
- Seleccionar germoplasma resistente a enfermedades, de alto rendimiento y calidad.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

▪ Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2019, fueron evaluadas 55 líneas de cebada distribuidas en ensayos de rendimiento de cebada: dística, hexástica, desnuda y mutantes (Tabla 11). Los ensayos se implementaron en el Lote A3 de la EESC del INIAP.

Tabla 11. Número de líneas y tipo de ensayo de rendimiento evaluados en la EESC, 2019.

Ensayo	Características	Número de líneas evaluadas
ER1 CD	Cebada Dística	10
ER2 CD	Cebada Dística	20
ER1 CH	Cebada Hexástica	15
ER1 CN	Cebada Desnuda	5
ER1 CM	Cebada Mutante	5
Total		55

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

El germoplasma mejorado fue evaluado en cinco ensayos de rendimiento y fueron dispuestos en campo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 3.6 m² (3 m x 1.2 m). Las variables evaluadas fueron: agronómicas (porcentaje de emergencia, vigor, hábito de crecimiento, días a la floración, altura de planta, tipo de paja), resistencia a enfermedades, rendimiento, peso hectolítrico y parámetros de calidad de grano.

Los datos recopilados fueron analizados con el Programa Estadístico InfoStat versión Profesional 2017. Se realizaron los análisis de varianza (ANOVA) y prueba de significación de Fisher al 5%.

▪ **Parcelas chicas (PC) de cebada**

Las PC son una réplica completa de los ensayos de rendimiento con el objetivo de purificar el material para la obtención de semilla pura de las líneas seleccionadas, las cuales conformarán los ensayos del siguiente ciclo de evaluación. Fueron evaluadas 50 líneas en parcelas de 3.6 m² (3 m x 1.2 m), mientras tanto el ensayo de mutantes de 5 líneas no se realizó la réplica completa por ser un ensayo específico sobre irradiación.

▪ **Surcos triples de cebada**

Los surcos triples son ensayos de observación en los cuales se evaluó el germoplasma avanzado, generado tanto por el Programa de Cereales como de germoplasma introducido, que presentan características agronómicas deseables y resistencia a enfermedades. Las variables evaluadas fueron resistencia a enfermedades, variables agronómicas, rendimiento y parámetros de calidad. En el ciclo 2019 el ensayo estuvo conformado por cinco líneas de cebada con dos repeticiones. Las parcelas fueron de 3.6 m² (3.0 m x 1.2 m).

▪ **Incremento de semilla categoría “Básica” y Seleccionada**

Parte del trabajo de un programa de mejoramiento es la multiplicación y purificación de germoplasma de varias categorías con el objetivo de refrescar la semilla y tener disponible semilla pura en cantidades suficientes para trabajos posteriores y proveer de semilla básica al Departamento de Producción de Semillas del INIAP.

▪ **Manejo de los ensayos**

La densidad de siembra fue de 150 kg ha⁻¹. Al momento de la siembra se aplicó 60 kg de Nitrógeno, 60 kg de Fósforo, 30 kg de Potasio y 20 kg de Azufre, a través de 150 kg ha⁻¹ de fertilizante compuesto (18-46-0) y 150 kg ha⁻¹ de Sulpomag. Posteriormente al macollamiento se aplicó 100 kg ha⁻¹ de Urea y 15 g ha⁻¹ de Matancha® (Metsulfuron-metil) como herbicida. No se realizó control de enfermedades, ya que se evalúa el grado de incidencia y severidad de las enfermedades en los ensayos.

▪ **Variables y métodos de evaluación**

Las variables y métodos de evaluación se basaron en las metodologías que detalla Ponce-Molina et al. (2019).

- **Porcentaje de emergencia:** Este parámetro se evalúa en la etapa de desarrollo Z12 o Z 13 según la escala de Zadoks. Este parámetro es subjetivo y se evalúa visualmente, expresándolo como bueno, regular y malo, con sus respectivos porcentajes
- **Hábito de crecimiento:** Este factor está relacionado con la forma en que crece la planta, básicamente en cuanto a la disposición de las hojas y tallos durante el desarrollo en etapas iniciales. La etapa de desarrollo del cultivo, para la toma de este parámetro, según la escala de Zadoks es desde la Z 20 a la Z 29, es decir, toda la etapa de MACOLLAMIENTO. Para este parámetro utilizamos una escala de tres descriptores relacionados a la disposición de las hojas en la cual: 1.- representa a las plantas que tienen un tipo de crecimiento erecto, 2.- plantas de crecimiento intermedio y semierecto y 3.- aquellas plantas de tipo de crecimiento postrado.
- **Vigor:** el vigor es la fuerza con la que crecen las plantas en una parcela, basados en el desarrollo general del cultivo. Este parámetro se evalúa cuando el cultivo se encuentra en la etapa de desarrollo Z 14 o Z 15 según la escala de Zadoks. CUATRO A CINCO HOJAS DESARROLLADAS, antes del inicio del macollamiento, lo que se

observa es el desarrollo general del cultivo (tamaño de planta, tamaño de hoja, población) y es evaluada de acuerdo a la escala 1-3 en la cual, 1 representa a aquellas plantas con hojas grandes y bien desarrolladas, 2 desarrollo y tamaño de hojas medio y 3 representa a plantas pequeñas y hojas delgadas.

- **Días al espigamiento:** El parámetro días al espigamiento, es el número de días contados desde la siembra hasta que las espigas de las plantas de la parcela aparecen.

La estimación de este parámetro se realiza en forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecen en su totalidad. Se recomienda hacer lecturas continuas debido a que los materiales florecen en diferentes días.

- **Severidad y tipo de reacción a enfermedades:** La evaluación de enfermedades se la realiza en dos estados de desarrollo fenológico, la primera en la Z37 y Z39, y la segunda en la Z55 y Z59 y se registrará en porcentaje de (0-100%) para roya (amarilla y de la hoja) y para virosis y escaldadura se utilizará la escala de 0 al 9, donde 0 no hay presencia y 9 toda la planta está afectada, para ello se seguirá la metodología descrita el documento de Ponce-Molina et al., 2019 así como por Stubbs et al., 1986.
- **Altura de la planta:** La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 91, CARIÓPSIDE DURO (DIFÍCIL DE DIVIDIR). Este parámetro se lo mide desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, empleando una regleta, excluyendo las aristas.
- **Tipo de paja:** Es la estimación de la dureza y flexibilidad del tallo de la planta para tolerar el viento y el acame del cultivo. La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 91, CARIÓPSIDE DURO (DIFÍCIL DE DIVIDIR). Esta evaluación depende mucho del criterio del técnico y de las condiciones reinantes durante el desarrollo del cultivo. Para este parámetro empleamos una escala de 1 al 3 siendo 1 aquellas con tallos fuertes y resistentes al acame y 3 tallos débiles y que se acaman.
- **Rendimiento:** Este valor está dado en g parcela⁻¹, y se lo puede transformar a kg ha⁻¹, para calcular el rendimiento potencial estimado. Es el parámetro más importante a evaluar, nos indica básicamente la producción potencial en grano que cada material puede alcanzar. Para ello debemos pesar en su totalidad la producción de cada unidad experimental, previamente definida. Para realizar esta medición el grano debe estar con 13% de humedad y limpio.
- **Peso hectolítrico:** Es el peso del grano en un volumen específico. Esto quiere decir que mientras mayor peso se alcanza mejor es la calidad del producto. Este peso debe ser estimado en kilogramos por hectolitro (kg hl⁻¹), para ello empleamos una balanza para peso específico o hectolítrico.
- **Tipo de grano:** Es la calificación que recibe el grano de acuerdo a su color, forma, tamaño, uniformidad o daño. Se evalúa una vez que el grano está totalmente seco.

4 RESULTADOS

▪ Ensayo de rendimiento 1 de cebada dística (ER1 CD)

En la Tabla 12, se observa alta significancia estadística para rendimiento y peso hectolitro. El promedio general del ensayo fue 6.5 t ha⁻¹ (rendimiento) y 65.0 kg hl⁻¹ (peso hectolitro). Las mejores líneas para la variable rendimiento fueron CD-12-003, CD-12-002 y CD-17-019, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítico las líneas CD-11-003, CD-12-002 y CD-12-003 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue bueno (*+).

Tabla 12. Análisis de varianza, prueba Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de cebada dística evaluadas en ensayo de rendimiento (ER1). EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ^b
CD-12-003	8	66.6	*
CD-12-002	7.9	68.2	*
INIAP-GUARANGA 2010	7.9	59.6	*+
CD-17-019	7.7	63	*+
CD-17-013	7.3	65.7	*+
CD-17-004	6.6	65.8	*
CD-17-017	5.7	63.4	+
CD-14-021	5.3	65.8	*+
CD-11-003	5	68.6	*+
INIAP-CAÑICAPA 2003	3.5	62.9	*+
Coefficiente Variación	16.6	2.1	
P valor^a	0.0007**	0.0001**	
DMS (p<0.05)	1.9	2.3	
Promedio	6.5	65.0	
Rango	1.9-9.9	57.9-68.9	
Coefficiente Correlación	0.8	0.9	

^aNivel de significancia 5%: (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo

^bTipo de grano: (**) Grano muy bueno, redondo y blanco; (*+) Grano bueno, redondo y amarillo; (*) Grano bueno, largo y trilla bien; (+) Grano malo, largo, manchado y no trilla bien.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 13, presenta la severidad y tipo de reacción de las líneas evaluadas en cebada dística a las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya de la hoja, roya amarilla y escaldadura, con promedios de 31.7%, 16.5% y 5.0% de severidad respectivamente. Las líneas más resistentes a roya amarilla y roya de la hoja fueron: CD-17-017, CD-12-002 y CD-12-003.

Tabla 13. Reacción a enfermedades en las líneas de cebada dística evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	<i>P. striiformis</i>			<i>P. hordei</i>		BYDV (0-9) ²	<i>R. secalis</i>	
	Hoja		Espiga	(%)	TR		(%)	Nivel
	(%)	TR ¹	(%)	(%)	TR		(%)	Nivel
CD-11-003	15	MR	0	40	S	1	5	5
CD-12-002	22	MS	0	5	R	1	6	5
CD-12-003	13	MR	0	33	MS	1	5	5
CD-14-021	19	MS	0	35	S	1	3	3
CD-17-004	10	R	0	40	S	1	5	5
CD-17-013	8	R	0	50	S	2	6	6
CD-17-017	23	MS	0	5	R	1	5	5
CD-17-019	5	R	0	50	S	2	4	4
INIAP-CAÑICAPA 2003	40	S	7	8	R	2	7	6
INIAP-GUARANGA 2010	10	R	2	50	S	1	4	4
Promedio	16.5		0.8	31.7		1	5	5

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron 5 líneas de cebada: CD-12-003, CD-12-002, CD-14-021, CD-17-017 y CD-11-003, por presentar características de alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a enfermedades. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada dística para el siguiente ciclo.

▪ Ensayo de rendimiento 2 de cebada dística (ER2 CD)

En la Tabla 14, se observa alta significancia estadística para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 5.0 t ha⁻¹ y 60.3 kg hl⁻¹, respectivamente. Las mejores líneas para la variable rendimiento fueron: CD-18-017, CD-18-016 y CD-18-014, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CD-18-017, CD-18-014 y CD-18-016 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue malo (+).

Tabla 14. Análisis de Varianza, Prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de cebada dística evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER2) en la EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ^b
CD-18-001	3.9	55.8	+
CD-18-002	4.3	55.9	+
CD-18-003	2.2	56.7	+
CD-18-004	3.9	58.0	*
CD-18-005	3.1	54.2	+
CD-18-006	4.1	59.9	*
CD-18-007	4.6	59.5	*
CD-18-008	3.8	59.4	+
CD-18-009	2.6	56.3	+
CD-18-010	2.8	55.5	+
CD-18-011	5.5	61.4	*
CD-18-012	5.1	63.1	*
CD-18-013	4.8	63.7	*
CD-18-014	6.0	65.3	+
CD-18-015	4.1	60.8	+
CD-18-016	7.0	65.3	+
CD-18-017	8.2	68.5	*+
INIAP-CAÑICAPA 2003	6.8	63.6	*+
INIAP-GUARANGA 2010	10.2	63.7	*+
INIAP-SHYRI 2000	6.6	58.6	*+
Coefficiente Variación	19.3	3.6	
P valor^a	<0.0001**	0.0004**	
DMS (p<0.05)	2.0	4.5	
Promedio	5.0	60.3	
Rango	2.1-10.9	50.9-68.0	
Coefficiente Correlación	0.9	0.9	

^aNivel de significancia: (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo

^bTipo de grano: (**) Grano muy bueno, redondo y blanco; (*+) Grano bueno, redondo y amarillo; (*) Grano bueno, largo y trilla bien; (+) Grano malo, largo, manchado y no trilla bien.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

En la Tabla 15, se observa la severidad y tipo de reacción de las líneas de cebada dística evaluadas a las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya amarilla, roya de la hoja y escaldadura, con promedios de severidad de 21.7%, 11.1% y 6.0%, respectivamente. Los valores obtenidos son bajos. Las líneas más resistentes a roya amarilla y roya de la hoja fueron: CD-18-017, CD-18-002 y CD-18-012.

Tabla 15. Reacción a enfermedades en las líneas de cebada dística evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER2) en la EESC, 2019.

Línea	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>		BYDV (0-9) ²	<i>R. secalis</i>		
	Hoja	Espiga	(%)	TR		(%)	Nivel	
	(%)	TR						(%)
CD-18-001	11	MR	0	24	MS	1	7	8
CD-18-002	9	R	0	3	R	1	8	7
CD-18-003	40	S	0	7	R	1	7	7
CD-18-004	17	MR	0	3	R	2	7	7
CD-18-005	41	S	0	8	R	1	7	7
CD-18-006	12	MR	0	5	R	1	7	7
CD-18-007	19	MR	0	3	R	1	7	7
CD-18-008	27	MS	0	5	R	2	7	7
CD-18-009	41	S	0	6	R	1	7	7
CD-18-010	39	S	0	1	R	1	6	6
CD-18-011	42	S	0	2	R	1	7	6
CD-18-012	10	R	0	3	R	1	7	6
CD-18-013	13	MR	0	45	S	2	8	7
CD-18-014	8	R	0	35	MS	1	7	6
CD-18-015	11	MR	0	0	R	1	8	8
CD-18-016	7	R	0	18	MR	1	7	6
CD-18-017	12	R	0	8	R	1	5	4
INIAP-CAÑICAPA 2003	46	S	10	6	R	2	7	6
INIAP-GUARANGA 2010	5	R	3	40	S	2	5	5
INIAP-SHYRI 2000	23	MS	8	0	R	1	6	6
Promedio	21.7		1.0	11.1		1	6	6

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron cinco líneas de cebada: CD-18-017, CD-18-016, CD-18-012, CD-18-006 y CD-15-015, por presentar características de alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a enfermedades. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada dística para el ciclo 2020.

▪ Ensayo de rendimiento 1 de cebada hexástica (ER1 CH)

En la Tabla 16, se observa alta significancia estadística para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 4.6 t ha⁻¹ (rendimiento) y 57.1 kg hl⁻¹ (peso hectolitrito). Las mejores líneas para la variable rendimiento fueron: CH-17-002, CH-09-011 y CH-14-006, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas: CH-14-006, CH-09-011 y CH-18-007 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue regular (*).

Tabla 16. Análisis de la varianza, prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de cebada hexástica evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ^b
CH-09-011	5,9	61,4	*
CH-12-005	4,8	50,5	*
CH-14-006	5,0	63,6	*
CH-17-002	7,0	59,4	*
CH-17-003	4,8	60,9	*
CH-18-001	4,2	56,4	+
CH-18-002	1,4	48,1	+
CH-18-003	4,7	55,8	*
CH-18-004	4,0	53,6	*
CH-18-005	3,2	52,0	+
CH-18-006	3,8	54,2	*
CH-18-007	3,0	61,4	+
INIAP-CAÑARI 2003	6,1	62,8	*
INIAP-FRANCISCANA	4,6	60,1	*+
INIAP-QUILTOA 2003	7,1	56,8	*
Coefficiente Variación	17.6	3.5	
P valor^a	<0.0001**	<0.0001**	
DMS (p<0.05)	1.4	3.3	
Promedio	4.6	57.1	
Rango	1.1-9.6	42.0-65.7	
Coefficiente Correlación	0.9	0.9	

^aNivel de significancia 5%: (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

^bTipo de grano: (**) Grano muy bueno, redondo y blanco; (*+) Grano bueno, redondo y amarillo; (*) Grano bueno, largo y trilla bien; (+) Grano malo, largo, manchado y no trilla bien.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 17, presenta la severidad y tipo de reacción de las líneas de cebada hexástica para las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya de la hoja, roya amarilla, y escaldadura, con promedios de severidad de 35.2 %, 11.6 % y 5.0 %, respectivamente. Las líneas más resistentes a roya amarilla y roya de la hoja fueron: CH-18-007, CH-18-005 y CH-18-001.

Tabla 17. Reacción a enfermedades de las líneas de cebada hexástica evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>		BYDV (0-9) ²	<i>R. secalis</i>		
	Hoja		Espiga	TR		TR	Nivel	
	(%)	TR	(%)					(%)
CH-09-011	4	R	0	43	S	1	3	2
CH-12-005	7	R	0	40	S	1	6	6
CH-14-006	5	R	0	38	MS	1	6	5
CH-17-002	15	R	5	39	S	1	4	3
CH-17-003	6	R	0	27	MS	1	7	7
CH-18-001	9	R	0	25	MS	1	6	6
CH-18-002	50	S	0	9	R	1	7	7
CH-18-003	5	R	8	43	S	1	5	4
CH-18-004	8	R	0	50	S	1	4	3
CH-18-005	3	R	0	27	MS	2	4	3
CH-18-006	5	R	0	40	S	1	5	4
CH-18-007	2	R	0	20	MS	1	6	6
INIAP-CAÑARI 2003	7	R	10	50	S	2	5	4
INIAP-FRANCISCANA	9	R	0	54	S	1	7	6
INIAP-QUILOTOA 2003	12	R	0	23	MS	1	4	3
Promedio	11.6		1.6	35.2		1	5	5

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron cuatro líneas de cebada: CH-09-011, CH-14-006, CH-17-003 y CH-18-007, por presentar características de alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a enfermedades. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada hexástica para el ciclo 2020.

▪ Ensayo de rendimiento 1 de cebada desnuda (ER1 CN)

En la Tabla 18, se observa que estadísticamente el rendimiento y el peso hectolítrico son significativo y altamente significativo, respectivamente. El promedio general del ensayo fue 3.9 t ha⁻¹ (rendimiento) y 65.6 Kg hl⁻¹ (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: CN-15-003 y CN-14-028, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas: CN-15-003 y CN-14-028, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano fue malo (+) de las líneas evaluadas.

Tabla 18. Análisis de varianza, Prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de cebada desnuda evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ^b
CN-14-027	4.3	62.4	+
CN-14-028	4.9	62.9	+
CN-15-003	5.3	64.6	+
INIAP ATAHUALPA-92	3.2	72.0	*
RITA PELADA	1.8	66.0	+
Coefficiente Variación	15.4	1.9	
P valor^a	0.0028*	0.0002**	
DMS (p<0.05)	1.1	2.4	
Promedio	3.9	65.6	
Rango	1.1-6.0	60.5-72.0	
Coefficiente Correlación	0.9	1.0	

^aNivel de significancia 5%: (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

^bTipo de grano: (**) Grano muy bueno, redondo y blanco; (*+) Grano bueno, redondo y amarillo; (*) Grano bueno, largo y trilla bien; (+) Grano malo, largo, manchado y no trilla bien.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 19, presenta la severidad y tipo de reacción de las líneas de cebada desnuda frente a las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya de la hoja, roya amarilla, y escaldadura, con promedios de severidad de 64.0%, 10.3% y 6%, respectivamente. Los valores observados son bajos y posiblemente no afectaron el desarrollo general del ensayo. Las líneas más resistentes a roya amarilla y roya de la hoja fueron: CN-14-028 y CN-15-003.

Tabla 19. Reacción a enfermedades de las líneas de cebada desnuda evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>		BYDV (0-9) ²	<i>R. secalis</i>		
	Hoja		Espiga	TR		BYDV (0-9) ²	Nivel	
	(%)	TR	(%)					(%)
CN-14-027	10	R	0	73	S	0	5	4
CN-14-028	10	R	0	63	S	0	7	6
CN-15-003	10	R	0	67	S	0	7	7
INIAP ATAHUALPA-92	15	MR	0	63	S	0	6	6
RITA PELADA	7	R	0	53	S	0	6	4
Promedio	10.3		0.0	64.0		0	6	6

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Basados en los resultados obtenidos, se seleccionaron dos líneas de cebada: CN-14-028 y CN-15-003, por presentar características de alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a enfermedades. Estas líneas formaran los ensayos de rendimiento de cebada desnuda para el próximo ciclo 2020.

▪ **Ensayo de rendimiento 1 de cebada mutante (ER1 CM)**

En la Tabla 20, se observa alta significancia estadística para las variables de rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 2.7 t ha⁻¹ (rendimiento) y 57.8 kg hl⁻¹ (peso hectolitro). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: S-197, S-196 y S-199, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas S-210 y S-197 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue bueno (*+).

Tabla 20. Análisis de varianza, Prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas mutantes de cebada evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ^b
ER1 M5/18 S-197	3.3	58.7	*+
INIAP-CAÑICAPA 2003 S-196	3.3	56.4	*+
RITA PELADA S-210	1.7	64.2	+
S-199	3.1	57.3	*+
S-207	2.2	52.6	*
Coefficiente Variación	23.9	3.0	
P valor^a	0.0647ns	0.0027*	
DMS (p<0.05)	1.2	3.4	
Promedio	2.7	57.8	
Rango	1.50-4.14	49.0-64.4	
Coefficiente Correlación	0.7	0.9	

^aNivel de significancia 5%: (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

^bTipo de grano: (**) Grano muy bueno, redondo y blanco; (*+) Grano bueno, redondo y amarillo; (*) Grano bueno, largo y trilla bien; (+) Grano malo, largo, manchado y no trilla bien.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 21, presenta la severidad y tipo de reacción de las líneas mutantes de cebada evaluadas frente a las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya amarilla, roya de la hoja y escaldadura, con promedios de severidad de 47.3 %, 10.3 % y 6.0 %, respectivamente. Con estos resultados obtenidos se evidenció una alta incidencia de enfermedades en el ensayo.

Tabla 21. Reacción a enfermedades de las líneas de cebada mutante evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	<i>P. striiformis</i>			<i>P. hordei</i>		BYDV (0-9) ²	<i>R. secalis</i>	
	Hoja		Espiga	(%)	TR		(%)	Nivel
	(%)	TR ¹	(%)					
ER1 M5/18 S-197	47	S	10	13	MR	0	7	7
INIAP-CAÑICAPA 2003 S-196	40	S	7	8	R	0	7	7
RITA PELADA S-210	57	S	0	12	R	0	6	7
S-199	47	S	5	8	R	0	7	6
S-207	47	S	9	10	R	0	7	5
Promedio	47.3		6.1	10.3		0	6	6

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Con base a los resultados obtenidos de la irradiación, se seleccionaron 3 líneas de cebada: (S-197, S-199 y S-207), por presentar alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos para el próximo ciclo 2020.

▪ Parcelas chicas (PCs) de cebada

Cincuenta líneas de cebada entre dísticas, hexísticas, desnudas y malteras, las cuales fueron evaluadas y purificadas en parcelas chicas. Adicionalmente se obtuvieron en promedio 3.0 kg de semilla por cada línea. Esta semilla será utilizada para la formación de ensayos del ciclo 2020.

▪ Surcos triples (ST) de cebada

En la Tabla 22, se observa significancia estadística para las variables de rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 4.0 t ha⁻¹ (rendimiento) y 63.0 kg hl⁻¹ (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: CD-18-024 y CD-18-026, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CD-18-025 y CD-18-023 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano en el ensayo fue regular (*).

Tabla 22. Análisis de varianza, Prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de cebada de surcos triples evaluadas en un ensayo en la EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ^b
CD-18-023	3.0	67.7	*+
CD-18-024	5.8	59.6	*
CD-18-025	2.5	72.7	*
CD-18-026	4.7	57.5	*
INIAP-CAÑICAPA 2003	4.1	57.5	*+
Coefficiente Variación	14.3	3.8	
P valor^a	0.0496*	0.0229*	
DMS (p<0.05)	1.8	7.7	
Promedio	4.0	63.0	
Rango	2.1-5.8	56.5-74.3	
Coefficiente Correlación	0.9	1.0	

^aNivel de significancia 5%: (**) altamente significativo, (*) significativo, (n.s.) no significativo.

^bTipo de grano: (**) Grano muy bueno, redondo y blanco; (*+) Grano bueno, redondo y amarillo; (*) Grano bueno, largo y trilla bien; (+) Grano malo, largo, manchado y no trilla bien.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 23, presenta la severidad y tipo de reacción de las líneas de cebada evaluadas en surcos triples de las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya amarilla, roya de la hoja y escaldadura, con promedios de severidad de 45.0 %, 12.7 % y 6.0 %, respectivamente. Con los valores obtenidos se evidenció la alta incidencia de enfermedades en el ensayo.

Tabla 23. Reacción a enfermedades de las líneas de cebada surcos triples evaluadas en un ensayo en la EESC, 2019.

Línea	<i>P. striiformis</i>		<i>P. hordei</i>		BYDV (0-9) ²	<i>R. secalis</i>		
	Hoja	Espiga	(%)	TR		(%)	Nivel	
	(%)	TR ¹	(%)					
CD-18-023	65	S	11	9	R	2	6	5
CD-18-024	40	S	9	11	MR	1	4	4
CD-18-025	15	MR	5	35	MS	1	7	7
CD-18-026	50	S	11	2	R	2	5	4
INIAP-CAÑICAPA 2003	55	S	9	7	R	2	7	7
Promedio	45.0		9.0	12.7		2	6	5

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron 2 líneas de cebada: (CD-18-025 y CD-18-024), por presentar alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos para el próximo ciclo.

▪ Incremento de semilla de categoría Básica y Seleccionada

Durante el ciclo 2019 en la EESC, se incrementó cuatro variedades de cebada, con un total de 1088 kg de semilla de categoría básica y seleccionada, con el objetivo de refrescar las variedades y para la formación de ensayos del próximo ciclo y también se entregó al Departamento de Producción y Semillas del INIAP (Tabla 24).

Tabla 24. Variedades de cebada incrementadas categoría Básica y seleccionada en la EESC, 2019.

N°	Nombre/o Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Cañicapa 2003	540
2	INIAP-Pacha 2003	225
3	INIAP-Guaranga 2010	164
4	INIAP-Palmira 2014	159
TOTAL		1088

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

5. CONCLUSIONES

El germoplasma seleccionado por el Programa de Cereales cuenta con características de resistencia a enfermedades, buen potencial de rendimiento y calidad. Durante este ciclo se llegaron a seleccionar 19 materiales promisorios (5 del ER1CD, 5 del ER2CD, 4 del ER1CH, 2 del ER1CN y 3 del ER1CM) y 100 líneas avanzadas con características deseables de rendimiento y resistencia a enfermedades.

6. RECOMENDACIONES

Continuar con el proceso de mejoramiento y selección de materiales promisorios de cebada, que presentan características deseables tanto agronómicas, como de alto rendimiento y de calidad industrial; las cuales podrán ser evaluadas en campos de productores como futuras variedades mejoradas.

7. REFERENCIAS

- Canal, G. (2012). *Análisis de la variabilidad genotípica de cebada cervecera en rendimiento, porcentaje de proteína y calibre en distintos ambientes*. Trabajo de tesis para acceder al título de Especialista en Cultivos de Granos. Buenos Aires, Argentina.
- Carretero, R., Serrano, R. y Millares, D. (2012). *Las enfermedades foliares en el cultivo de trigo: Una perspectiva ecofisiológica* (en línea). Argentina. Recuperado de <http://www.engormix.com/MA-agricultura/trigo/articulos/las-enfermedades-foliares-cultivo-t4379/998-p0.htm>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M. y Robledo C.W. (2017). InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Falconí, E., Garófalo, J., Llangarí, P. y Espinoza, M. (2013). *El cultivo de Cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad*. Quito: INIAP Programa de Cereales.
- Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2018). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. <http://www.fao.org/>
- FAOSTAT. (2019) Statistics Database. Consultado 15 noviembre del 2019. Disponible en: [<http://www.fao.org/faostat/en/#data>].
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2018). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continúa. Quito, Ecuador.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). "Sistema de Información Pública Agropecuaria". Quito, Ecuador.
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. Manual No.111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p. ISBN Impreso 978-9942-22-467-5 e ISBN Digital 978-9942-22-468-2. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>
- Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). *Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales*.

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN DE POBLACIONES SEGREGANTES DE CEBADA EN INVERNADERO Y CAMPO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

(Evaluation of barley segregating populations on greenhouse and field in the Experimental Station Santa Catalina)

Luis Ponce-Molina, Javier Garófalo, Diego Campaña, Patricio Noroña

Resumen

Uno de los pilares del mejoramiento genético es la generación de nueva variabilidad genética a través de los cruzamientos. El Programa de Cereales de la EESC del INIAP organiza e implementa anualmente Bloques de Cruzamientos en búsqueda de obtener materiales con características superiores, los cuales están conformados por genotipos seleccionados por diversas características deseables. En el año 2019, se seleccionaron siete parentales que formaron 14 cruza, con el objetivo de generar germoplasma resistente a enfermedades, altamente productivos, de calidad y adaptados a nuestras condiciones. Adicionalmente, se evaluaron 607 líneas en diferentes generaciones segregantes (F2, F4, F5, F6 y F7), de las cuales se seleccionaron un total de 137 líneas con características deseables para ser evaluados en el siguiente ciclo agrícola.

Palabras clave: mejoramiento, selecciones, segregantes, cebada.

Summary

One of the pillars of genetic improvement is the generation of new genetic variability through crossbreeding. The Cereal Improvement Program from EESC-INIAP annually establishes Crossing Blocks looking for materials with superior characteristics, which are made up of genotypes selected by various characteristics desirable. In 2019, seven parents were selected which formed 14 new crossings with the objective of generate disease resistant germplasm, highly productive, good quality and adapted to our conditions. At the same time, 607 segregated lines of various categories (F2, F4, F5, F6 and F7) were evaluated, from these a total of 137 segregating lines with desirable characteristics were selected for evaluation in the next agricultural cycle.

Keywords: breeding, selection, segregating, barley.

1. ANTECEDENTES

La generación de la variabilidad genética es uno de los pilares fundamentales en el trabajo del fitomejoramiento, es por tal razón que el Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, establece cada año bloques de cruzamientos, los cuales están conformados por genotipos seleccionados por sus características deseables (fenotípicas y agronómicas) denominados "parentales". Una vez seleccionados los parentales se procede a la hibridación o cruzamiento dirigido.

El mejoramiento genético en cebada tiene como objetivo seleccionar plantas y/o poblaciones que presenten alto potencial de rendimiento, características agronómicas deseables, características industriales y de resistencia a las principales enfermedades que afectan al desarrollo del cultivo.

Las evaluaciones de las reacciones a las diferentes enfermedades en los viveros tienen como objetivo monitorear el comportamiento y evolución de la virulencia de la roya amarilla, roya de la hoja, escaldadura, virus amarillo del enanismo de la cebada (BYD), entre otras enfermedades (Stubbs, 1986).

2. OBJETIVOS

Objetivo general.

Desarrollar y seleccionar poblaciones segregantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Objetivos específicos.

- Generar nuevas poblaciones de mejoramiento (F_1) de cebada con resistencia a royas, alto rendimiento (superior a 4 t ha^{-1}) y calidad agroindustrial.
- Identificar individuos en cada una de las poblaciones segregantes de cebada (F_2 , F_4 , F_5 , F_6 y F_7) con resistencia a enfermedades y características agronómicas deseables.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Desarrollo de poblaciones filiales (F_1) de cebada

El desarrollo de las poblaciones de cebada en la EESC, estuvo orientado a la generación de líneas con características agronómicas deseables fenotípicas y genotípicas (Tabla 25). Se realizó cruza entre variedades mejoradas vigentes y parentales seleccionados, que presentaban características deseables. El objetivo fue generar líneas con características agronómicas como precocidad, altura de planta y tipo de grano.

Tabla 25. Progenitores de cebada que fueron utilizados en el bloque de cruzamientos en la EESC, 2019.

N°.	Progenitor	Característica
Femenino ♀		
1	INIAP-CAÑICAPA 2003	Planta alta, tardía, rendimiento
2	INIAP-GUARANGA 2010	Planta alta, rendimiento
Masculino ♂		
1	Surco Triples (Surco- 49) Año: 2017	Planta enana
2	Surco Triples (Surco- 123) Año: 2017	Planta enana, Buena espiga
3	Surco Triples (Surco- 124) Año: 2017	Planta enana, Buena espiga
4	Surco Triples (Surco- 126) Año: 2017	Planta enana
5	CD-09-084 (Surco-2) ER1 CD 2018	Tipo de grano
6	CD-12-002 (Surco-4) ER1 CD 2018	Precoz
7	CD-12-003 (Surco-5) ER1 CD 2018	Precoz

En el mes de abril del 2019, en el invernadero de fitomejoramiento fueron sembrados los progenitores, en macetas plásticas de dos kilogramos de capacidad con diez semillas cada una. A los 45 días después de la siembra se fertilizó con Urea (46-0-0) en dosis de 2 g por maceta.

La emasculación de flores de los progenitores femeninos fue realizada al inicio del estado Z45 según la escala de Zadoks (vaina engrosada) (Zadoks et al, 1974; Ponce-Molina et al., 2019). La polinización se realizó de tres a cinco días posteriores a la emasculación, utilizando espigas del progenitor masculino (donante de polen). El período de emasculación-polinización estuvo comprendido entre los 45 a 60 días después de la siembra en invernadero.

Evaluación de poblaciones segregantes F_2 , F_4 , F_5 , F_6 y F_7

El método de selección empleado en las poblaciones segregantes sembradas en campo fue la Selección Masal. Las evaluaciones fueron realizadas durante el ciclo de cultivo y la selección se efectuó aplicando los criterios de resistencia

cuantitativa, descartando material muy resistente (presencia de genes mayores), así como también los genotipos muy susceptibles (ausencia de genes de resistencia).

4. RESULTADOS

▪ Desarrollo de poblaciones filiales (F₁) de cebada

En el ciclo 2019, se obtuvieron catorce nuevas líneas provenientes de los Bloques de Cruzamientos, las cuales se incrementaron en invernadero para su posterior siembra en campo (Tabla 26).

Tabla 26. Poblaciones F1 de cebada provenientes del bloque de cruzamientos en la EESC, 2019.

N° Surco	Pedigrí	Origen EESC F1/2019
1	INIAP-CAÑICAPA 2003//M08450001 E-HV19-9970	Cruza P-1
2	INIAP-CAÑICAPA 2003//I13186 E-HV19-9971	P-2
3	INIAP-CAÑICAPA 2003//I13119 E-HV19-9972	P-3
4	INIAP-CAÑICAPA 2003//I13142 E-HV19-9973	P-4
5	INIAP-CAÑICAPA 2003/8/INIAP SHIRY89/GRIT20/7/CANELA/5/ ATEM/3/LBIRAN/UNBO//LIGNEE640/4/GLORIA-BAR/COME-B/6/CANELA/4/SHIRY// GLORIA-BAR/COPAL/3/SHIRY/GRIT E-HV19-9974	P-5
6	INIAP-CAÑICAPA 2003/3/ND18380-1//PENCO/CHEVRON-BAR E-HV19-9975	P-6
7	INIAP-CAÑICAPA 2003/6/Arupo'S'12/3/PI002325/Maf102// Cossack/4/Viringa'S'5/WI3180 E-HV19-9976	P-7
8	INIAP-GUARANGA 2010//M08450001 E-HV19-9977	P-8
9	INIAP-GUARANGA 2010//I13186 E-HV19-9978	P-9
10	INIAP-GUARANGA 2010//I13119 E-HV19-9979	P-10
11	INIAP-GUARANGA 2010/I13142 E-HV19-9980	P-11
12	INIAP-GUARANGA 2010/8/INIAP SHIRY89/GRIT20/7/ CANELA/5/ATEM/3/LBIRAN/UNBO//LIGNEE640/4/GLORIA-BAR/COME-B/6/CANELA/4/ SHIRY//GLORIA-BAR/COPAL/3/SHIRY/GRIT E-HV19-9981	P-12
13	INIAP-GUARANGA 2010/3/ND18380-1//PENCO/CHEVRON-BAR E-HV19-9982	P-13
14	INIAP-GUARANGA 2010/6/Arupo'S'12/3/PI002325/Maf102// Cossack/4/Viringa'S'5/WI3180 E-HV19-9983	P-14

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

▪ Evaluación de poblaciones F₂, F₄, F₅, F₆ y F₇ de cebada en campo

Durante este año 2019, se sembraron y evaluaron en campo 605 poblaciones segregantes como se detalla en la Tabla 27. Al finalizar el año 2019 se seleccionaron 137 poblaciones.

Tabla 27. Poblaciones segregantes de cebada evaluadas y seleccionadas en la EESC, 2019.

Filial	Evaluadas	Total seleccionadas	Cosechadas		
			Espigas	Plantas	Parcelas
F2	10	6 (M ¹)			6
F4	30	9 (M ¹)			9
F5	20	10 (M ¹)			10
F6	40	12 (M ¹)			12
F7	505	100 (M ¹)			100
Total	605	137			137

¹ M: Selección Masal.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Al final del ciclo 2019 se obtuvieron: 14 líneas F1, 6 líneas F2, 9 líneas F4, 10 líneas F5, 12 líneas F6 y 100 líneas F7, las cuales serán sembradas y evaluadas durante el próximo ciclo 2020.

5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 14 nuevos cruzamientos y 137 poblaciones segregantes de diferentes categorías y con diversas características deseables como resistencia, producción y calidad, para ser evaluadas y seleccionadas en los campos experimentales de la EESC en busca de nuevo germoplasma deseable.

6. RECOMENDACIONES

Continuar con el mejoramiento generacional de las diferentes poblaciones filiales de cebada para el próximo ciclo 2020.

7. REFERENCIAS

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. Manual No.111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p. ISBN Impreso 978-9942-22-467-5 e ISBN Digital 978-9942-22-468-2. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>

Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). *Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales*.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. y Konzak, C.F. (1974). *A decimal code for the growth stages of cereals*.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA MEJORADO DE TRIGO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

(Evaluation of improved germplasm of wheat in the Experimental Station Santa Catalina)

Luis Ponce-Molina, Javier Garófalo, Diego Campaña, Patricio Noroña

Resumen

El trigo es el segundo cereal más cultivado en el mundo y base de la alimentación humana. En el Ecuador es el cuarto cereal más cultivado, difundido entre los 2000 a 3000 metros de altitud; las provincias que más la cultivan son Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Bolívar. La media nacional es de 1.7 t ha⁻¹, muy por debajo de la media regional de casi 3.0 t ha⁻¹. Los principales factores limitantes para este cultivo son las enfermedades como las royas que reducen la productividad hasta un 100% en materiales susceptibles. La incorporación de genes de resistencia que permiten controlar la presencia de estas enfermedades es la manera más económica y eficiente. El Programa de Cereales del INIAP ha venido trabajando desde hace más de 55 años, empleando diversos métodos de mejoramiento, en la generación de nuevos materiales mejorados con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad industrial. En el ciclo 2019, en campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se implementaron los denominados ensayos de rendimiento (ER) los cuales tienen como objeto principal evaluar y seleccionar germoplasma de trigo con características deseables y adaptados a nuestras condiciones. Se evaluaron un total de 45 líneas avanzadas distribuidas en dos ensayos de rendimiento; los ensayos fueron sembrados bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar, en tres repeticiones y cada línea sembrada en parcelas de 3.6 m². Estos ensayos fueron evaluados para establecimiento, vigor, hábito de crecimiento, altura de planta, resistencia a enfermedades, días al espigamiento, días a la cosecha, rendimiento y calidad. Finalmente se seleccionaron 12 líneas con características superiores, las cuales serán evaluadas durante el ciclo 2020 en campos experimentales de la EESC. Adicionalmente, se sembraron y evaluaron 1076 líneas introducidas desde del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), de las cuales se seleccionaron 221 líneas resistentes a enfermedades y adaptadas a nuestras condiciones, las mismas que serán sembradas en el siguiente ciclo agrícola para continuar con su evaluación.

Palabras clave: mejora genética, trigo, introducción, adaptación, resistencia.

Summary

Wheat is the second most cultivated cereal in the world and the base of human food. In Ecuador is the fourth most cultivated cereal, distributed between 2000 to 3000 meters of altitude; the provinces that most grow it are Chimborazo, Pichincha, Imbabura and Bolívar. The national average is 1.7 t ha⁻¹, very below of the regional average of almost 3 t ha⁻¹. The main limiting factors for this crop are diseases like rusts that reduce productivity by up to 100% in susceptible materials. The incorporation of resistance genes that allow to control the presence of these diseases is the most economical and efficient way. The Cereal Program from INIAP has been working for more than 55 years, using different methods of plant breeding, for generate new improved materials with characteristics of disease resistance, productivity and industrial quality. In the 2019 cycle, in experimental fields of the Santa Catalina Experimental Station, the named yield trials (ER) were implemented which the main purpose to evaluate and select wheat germplasm with desirable characteristics and adapted to our conditions, a total of 45 advanced lines distributed in 2 yield tests were evaluated; the trials were sown in three repetitions, with a Random Full Block Design, and each line planted on plots of 3.6 m². These trials were evaluated by establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days to heading, harvest days, yield and quality. Finally, 12 lines with superior characteristics were selected which will be evaluated during the 2020 cycle in experimental and farmer fields. At the same time, 1076 lines introduced from the International Maize and Wheat Improvement Centre (CIMMYT) were planted and evaluated, of which 221 diseases resistant and adapted lines were selected, the same ones that will be planted in the next agricultural cycle to continue their evaluation.

Keywords: genetic improvement, wheat, introduction, adaptation, resistance.

1. ANTECEDENTES

El trigo (*Triticum aestivum* L.) junto con el arroz y la cebada, son los cereales de mayor importancia en el mundo (FAO, 2018). En el año de 2019 se importó 1 295 424 toneladas de granos de trigo, por un precio de USD 396 877 794 (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2019). Adicionalmente, en el Ecuador, según las estadísticas del INEC (2018), la superficie dedicada al cultivo de trigo fue de 3 336 hectáreas con una producción anual de 5 mil toneladas, además presenta un rendimiento de granos por superficie cosechada de 1.7 t ha⁻¹ (INEC, 2018). Los diez países con mayor productividad presentan un promedio de producción de 7.8 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019).

La incidencia de una serie de factores, bióticos y abióticos, ha significado el incremento del precio de los alimentos y, por otro lado, la progresiva disminución en el suministro de estos. Los factores que han influido en esta situación incluyen: aumento de la agresividad de las enfermedades, incremento del precio de los fertilizantes y pérdida de áreas productivas, que muy probablemente se incrementen en el futuro. Aquellos países que no son autosuficientes, especialmente los países en vías de desarrollo, deberán realizar altas inversiones en el campo de la investigación agrícola para garantizar la autosuficiencia del producto en el país, o la disminución de la importación del grano de trigo.

En una perspectiva global, las enfermedades fúngicas son las principales causas de la reducción en el rendimiento en cereales. Entre éstas, las enfermedades causadas por patógenos biotróficos como las royas con las que ocasionan los mayores daños al cultivo, debido a sus características de intensidad y momentos ontogénicos del cultivo en que ataca (Carretero et al., 2012). Por su frecuencia de aparición y severidad en Ecuador, las enfermedades más importantes son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia triticina*), virus del enanismo amarillo (BYDV) y *Fusarium* spp. (Almacenas et al., 2013).

En la actualidad el Programa de Cereales del INIAP, cuenta con nuevo germoplasma y variedades mejoradas, líneas promisorias propias, así como materiales provenientes de Centros Internacionales como el CIMMYT-México. Las líneas internacionales son evaluadas bajo nuestras condiciones y permitirán identificar nuevos genotipos mejor adaptados, de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y mayor calidad para la industria. Finalmente se refresco e incremento semilla de categoría “fitomejorador” de las variedades mejoradas.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Generar germoplasma mejorado de trigo de alto rendimiento, resistente a enfermedades (roya amarilla y hoja) y de calidad para la industria.

Objetivos específicos

- Evaluar líneas promisorias de trigo harinero.
- Ampliar la diversidad genética de trigo mejorado que sirve como base para el Programa de Mejoramiento de Cereales.

3. MATERIALES Y METODOS

▪ Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2019 en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), fueron evaluadas 45 líneas de trigo distribuidas en dos experimentos de rendimiento (Tabla 28). Los ensayos de investigación se implementaron en el Lote A3 de la EESC del INIAP.

Tabla 28. Experimentos de rendimiento evaluados en la EESC, 2019.

Experimentos	Características	Número de líneas evaluadas
ER1 TH	Trigo	15
ER2 TH	Trigo	30
	Total	45

Las líneas evaluadas fueron dispuestas en campo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en dos y tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 3.6 m² (3 m x 1.2 m). Durante el ciclo de cultivo se evaluó variables agronómicas (porcentaje de emergencia, vigor, hábito de crecimiento, días a la floración, altura de planta y tipo de paja), resistencia a enfermedades, rendimiento y parámetros de calidad. Los datos recopilados fueron analizados con el programa estadístico InfoStat versión Profesional 2019. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de significación de Fisher al 5%.

▪ Parcelas chicas (PCs) de trigo

Las PC son una réplica completa de los ensayos de rendimiento con el objetivo de purificar el material a través de la desmezcla y obtener semilla pura de las líneas seleccionadas, las cuales conformarán los ensayos del siguiente ciclo de evaluación. Fueron evaluadas un total de 45 líneas en parcelas de 3.6 m² (3 m x 1.2 m).

▪ Ensayo de surcos triples (STs) de trigo

Los surcos triples son ensayos de observación en los cuales se evaluó el germoplasma avanzado, tanto generado por el Programa de Cereales, como germoplasma introducido, que presentan características agronómicas deseables y resistencia a enfermedades. Las variables evaluadas fueron resistencia a enfermedades, variables agronómicas, rendimiento, y parámetros de calidad. En el 2019 el ensayo estuvo conformado por cinco líneas y tres variedades mejoradas de trigo, que fueron sembradas en parcelas de 3.6 m² (3 m x 1.2 m).

▪ Incremento de semilla categoría básica y seleccionada

Parte del trabajo de un programa de mejoramiento es la multiplicación y purificación del germoplasma de todas las categorías con el objetivo de refrescar cada año la semilla, disponibilidad de semilla pura y en cantidades suficientes para trabajos posteriores, así como proveer semilla básica al Departamento de Producción de Semillas del INIAP.

▪ Ensayos Internacionales

En el año 2019 el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), envió seis viveros de trigo para evaluar la reacción a enfermedades, principalmente a roya amarilla. En total se evaluarán 1076 líneas.

▪ Manejo de los ensayos

La densidad de siembra fue de 180 kg ha⁻¹. Al momento de la siembra se aplicó 150 kg ha⁻¹ de fertilizante compuesto (18-46-0) y 150 kg ha⁻¹ de Sulpomag, de acuerdo a análisis de suelo. Posteriormente al macollamiento se aplicó 150 kg ha⁻¹ de Urea y 15 g ha⁻¹ de Matancha® (Metsulfuron-metil) como herbicida. No se realizaron aplicaciones de funguicidas para el control de enfermedades, ya que se evaluó la incidencia y severidad de las enfermedades.

▪ Variables y métodos de evaluación

Las variables y métodos de evaluación se basaron en las metodologías que detalla Ponce-Molina et al. (2019).

- **Porcentaje de emergencia:** Este parámetro se evalúa en la etapa de desarrollo Z 12 o Z 13 según la escala de Zadoks. Este parámetro es subjetivo y se evalúa visualmente, expresándolo como bueno, regular y malo, con sus respectivos porcentajes.
- **Hábito de crecimiento:** Este factor está relacionado con la forma en que crece la planta, básicamente en cuanto a la disposición de las hojas y tallos durante el desarrollo en etapas iniciales. La etapa de desarrollo del cultivo, para la toma de este parámetro, según la escala de Zadoks es desde la Z 20 a la Z 29, es decir, toda la etapa de MACOLLAMIENTO. Para este parámetro utilizamos una escala de tres descriptores relacionados a la disposición de las hojas en la cual: 1.- representa a las plantas que tienen un tipo de crecimiento erecto, 2.- plantas de crecimiento intermedio y semierecto y 3.- aquellas plantas de tipo de crecimiento postrado.
- **Vigor:** el vigor es la fuerza con la que crecen las plantas en una parcela, basados en el desarrollo general del cultivo. Este parámetro se evalúa cuando el cultivo se encuentra en la etapa de desarrollo Z 14 o Z 15 según

la escala de Zadoks. CUATRO A CINCO HOJAS DESARROLLADAS, antes del inicio del macollamiento, lo que se observa es el desarrollo general del cultivo (tamaño de planta, tamaño de hoja, población) y es evaluada de acuerdo a la escala 1-3 en la cual, 1 representa a aquellas plantas con hojas grandes y bien desarrolladas, 2 desarrollo y tamaño de hojas medio y 3 representa a plantas pequeñas y hojas delgadas.

- **Días al espigamiento:** El parámetro días al espigamiento, es el número de días contados desde la siembra hasta que las espigas de las plantas de la parcela aparecen. La estimación de este parámetro se realiza en forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecen en su totalidad. Se recomienda hacer lecturas continuas debido a que los materiales florecen en diferentes días.
- **Severidad y tipo de reacción a enfermedades:** La evaluación de enfermedades se la realiza en dos estados de desarrollo fenológico, la primera en la Z37 y Z39, y la segunda en la Z55 y Z59 y se registrará en porcentaje de (0-100%) para roya (amarilla y de la hoja) y para virosis y escaldadura se utilizará la escala de 0 al 9, donde 0 no hay presencia y 9 toda la planta está afectada, para ello se seguirá la metodología descrita en el Documento Ponce-Molina et al., 2019 así como por Stubbs et al., 1986.
- **Altura de la planta:** La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 91, CARIÓPSIDE DURO (DIFÍCIL DE DIVIDIR). Este parámetro se lo mide desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, empleando una regleta, excluyendo las aristas.
- **Tipo de paja:** Es la estimación de la dureza y flexibilidad del tallo de la planta para tolerar el viento y el acame del cultivo. La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 91, CARIÓPSIDE DURO (DIFÍCIL DE DIVIDIR). Esta evaluación depende mucho del criterio del técnico y de las condiciones reinantes durante el desarrollo del cultivo. Para este parámetro empleamos una escala de 1 al 3 siendo 1 aquellas con tallos fuertes y resistentes al acame y 3 tallos débiles y que se acaman.
- **Rendimiento:** Este valor esta dado en g parcela⁻¹, y se lo puede transformar a kg ha⁻¹, para calcular el rendimiento potencial estimado. Es el parámetro más importante a evaluar, nos indica básicamente la producción potencial en grano que cada material puede alcanzar. Para ello debemos pesar en su totalidad la producción de cada unidad experimental, previamente definida. Para realizar esta medición el grano debe estar con 13% de humedad y limpio.
- **Peso hectolítrico:** Es el peso del grano en un volumen específico. Esto quiere decir que mientras mayor peso se alcanza mejor es la calidad del producto. Este peso debe ser estimado en kilogramos por hectolitro (kg hl⁻¹), para ello empleamos una balanza para peso específico o hectolítrico.
- **Tipo de grano:** Es la calificación que recibe el grano de acuerdo a su color, forma, tamaño, uniformidad o daño. Se evalúa una vez que el grano está totalmente seco.

4. RESULTADOS

▪ Ensayo de rendimiento 1 (ER1 TH)

En la Tabla 29, se observa alta significancia estadística al 5%, para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 9.1 t ha⁻¹ (rendimiento) y 77.2 kg hl⁻¹ (peso hectolitro). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-17-002, TA-17-011, TA-17-021 y TA-14-004, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas TA-17-021, TA-17-002, TA-17-011 y TA-12-026 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue de grano mediano/bueno y de color blanco (2B*).

Tabla 29. Análisis de varianza, Prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de trigo evaluadas en un Ensayo de Rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ²
INIAP-IMBABURA 2014	8.3	80.5	2R*
INIAP-VIVAR 2010	7.6	73.6	2B*
TA-12-026	8.8	78.5	2R*
TA-13-004	9.4	77.5	2R*
TA-13-018	8.3	77.9	2B*
TA-14-004	9.7	78.1	2B*
TA-17-001	9.6	76.6	2B*
TA-17-002	10.9	79.1	2B*
TA-17-003	8.6	75.6	2B*
TA-17-009	9.3	77.5	2B*
TA-17-011	10.9	78.7	2B*
TA-17-013	8.4	74.6	1B*
TA-17-015	8.0	74.7	2B*
TA-17-021	9.9	79.3	2B*
TA-17-025	8.4	75.6	2B*
Coefficiente Variación	5.4	1.1	
P valor^a	<0.0001**	<0.0001**	
DMS (p<0.05)	0.8	0.9	
Promedio	9.1	77.2	
Rango	7.0-11.4	73.3-80.6	
Coefficiente Correlación	0.9	1.0	

¹Nivel de significancia 5%: (**) altamente significativo, (*) significativo.

²Tipo de grano: (1) grande, (2) mediano, (3) pequeño, delgado, chupado/ (B) Blanco (R) Rojo/ (*) bueno, (+) malo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 30, presenta la severidad y el tipo de reacción de las líneas de trigo evaluadas para las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya de la hoja y roya amarilla, con promedios de severidad de 20.2 % y 11.9 %, respectivamente. Estos resultados son bajos y posiblemente no afectaron el desarrollo general del ensayo. Las líneas más resistentes a roya amarilla/roya de la hoja fueron: TA-12-026, TA-17-015 y TA-17-002.

Tabla 30. Reacción a enfermedades de las líneas trigo evaluadas en un ensayo de Rendimiento (ER1) en la EESC, 2019.

Líneas	<i>P. striiformis</i>		<i>P. triticina</i>		BYDV (0-9) ²	
	Hoja		Espiga	TR		
	(%)	TR ¹	(%)			
INIAP-IMBABURA 2014	13	MR	10	37	S	1
INIAP-VIVAR 2010	16	MR	0	43	S	1
TA-12-026	6	R	0	10	R	1
TA-13-004	8	R	0	13	MR	1
TA-13-018	40	S	0	6	R	1
TA-14-004	9	R	2	24	MS	1
TA-17-001	22	MS	10	40	S	1
TA-17-002	6	R	0	15	MR	1
TA-17-003	8	R	0	15	MR	1
TA-17-009	8	R	0	18	MS	1
TA-17-011	10	R	0	22	MS	1
TA-17-013	8	R	0	15	MR	2
TA-17-015	8	R	0	12	R	1
TA-17-021	7	R	0	20	MS	2
TA-17-025	6	R	0	15	MR	1
Promedio	11.9		1.4	20.2		1.2

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron cinco líneas de trigo: TA-17-002, TA-17-021, TA-14-004, TA-17-011 y TA-13-004, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a enfermedades. Estas líneas formaran los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2020.

▪ Ensayo de Rendimiento 2 (ER2 TH)

En la Tabla 31, se observa alta significancia estadística al 5%, para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 8.1 t ha⁻¹ (rendimiento) y 76.6 kg hl⁻¹ (peso hectolitro). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-18-008, TA-18-009, TA-18-012 y TA-18-018, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas TA-12-028, TA-18-013, TA-18-019 y TA-18-012, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue de grano mediano/bueno y de color blanco (2B*).

Tabla 31. Análisis de varianza, Prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de trigo evaluadas en un Ensayo de Rendimiento (ER2) en la EESC, 2019.

Líneas	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ²
INIAP-IMBABURA 2014	8.2	80.2	2R*
INIAP-MIRADOR 2010	8.3	77.6	2B*
INIAP-VIVAR 2010	7.6	73.0	2B*
TA-12-028	8.3	79.0	2R+
TA-14-012	7.8	75.7	3B*
TA-18-001	7.9	77.6	2R*
TA-18-002	8.8	77.7	2R*
TA-18-003	7.5	76.6	3R+
TA-18-004	9.2	76.7	2B*
TA-18-005	9.2	77.8	2B*
TA-18-006	5.5	74.0	1B*
TA-18-007	7.3	75.9	2B*
TA-18-008	10.6	75.8	1B*
TA-18-009	9.8	75.4	3B+
TA-18-010	8.1	78.0	2R*
TA-18-011	8.8	77.5	2R*
TA-18-012	9.7	78.4	2R*
TA-18-013	5.4	79.0	3R+
TA-18-014	8.4	71.6	3R+
TA-18-015	8.7	75.0	2R*
TA-18-016	6.3	75.1	3R+
TA-18-017	8.5	77.4	1B*
TA-18-018	9.5	73.5	2B*
TA-18-019	8.2	78.5	2B*
TA-18-020	7.9	77.1	2B*
TA-18-021	8.3	77.8	2B*
TA-18-022	7.5	77.5	2B*
TA-18-023	7.4	76.4	3B+
TA-18-024	8.5	75.6	2B*
TA-18-025	7.4	77.5	2B*
Coefficiente Variación	9.6	0.9	
P valor^a	0.0001**	<0.0001**	
DMS (p<0.05)	1.6	1.5	
Promedio	8.1	76.6	
Rango	3.9-10.7	71.2-80.4	
Coefficiente Correlación	0.8	0.9	

¹Nivel de significancia 5%: (**) altamente significativo, (*) significativo, (ns) no significativo.

²Tipo de grano: (1) grande, (2) mediano, (3) pequeño, delgado, chupado/ (B) Blanco (R) Rojo/ (*) bueno, (+) malo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 32, presenta la severidad y el tipo de reacción de las 30 líneas de trigo evaluadas para las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya de la hoja y roya amarilla, con promedios de severidad de 20.8 % y 13.7 %, respectivamente. Estos resultados son bajos y no afectaron el desarrollo general del ensayo. Las líneas más resistentes a roya amarilla/roya de la hoja fueron: TA-18-010, TA-12-028, TA-18-023 y TA-18-011.

Tabla 32. Reacción a enfermedades de las líneas de trigo evaluadas en un ensayo de rendimiento (ER2) en la EESC, 2019.

Líneas	<i>P. striiformis</i>		<i>P. triticina</i>		BYDV (0-9) ²	
	Hoja	Espiga	(%)	TR		
	(%)	TR ¹	(%)			
INIAP-IMBABURA 2014	12	MR	5	40	S	1
INIAP-MIRADOR 2010	45	S	10	15	MR	1
INIAP-VIVAR 2010	40	S	0	15	MR	2
TA-12-028	10	R	0	5	R	1
TA-14-012	12	R	0	23	MS	2
TA-18-001	60	S	10	10	R	1
TA-18-002	5	R	10	45	S	2
TA-18-003	7	R	5	28	MS	1
TA-18-004	12	MR	0	8	R	1
TA-18-005	7	R	0	13	MR	1
TA-18-006	7	R	5	40	S	2
TA-18-007	22	MS	0	8	R	2
TA-18-008	7	R	10	40	S	1
TA-18-009	10	R	0	28	MS	1
TA-18-010	10	R	0	5	R	1
TA-18-011	11	R	0	7	R	1
TA-18-012	10	R	0	8	R	1
TA-18-013	7	R	0	23	MS	2
TA-18-014	10	R	10	45	S	2
TA-18-015	13	MR	5	45	S	1
TA-18-016	10	R	0	8	R	1
TA-18-017	15	MR	0	8	R	1
TA-18-018	10	R	10	28	MS	1
TA-18-019	8	R	0	22	MS	1
TA-18-020	11	R	0	14	MR	1
TA-18-021	8	R	0	25	MS	1
TA-18-022	5	R	10	27	MS	1
TA-18-023	10	R	0	7	R	1
TA-18-024	7	R	0	23	MS	1
TA-18-025	8	R	0	15	MR	1
Promedio	13.7		3.0	20.8		1.2

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron 7 líneas de trigo: TA-12-028, TA-18-012, TA-18-019, TA-18-004, TA-18-011, TA-18-024, TA-18-025, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a enfermedades. Estas líneas formaran los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2020.

▪ Parcelas chicas (PCs) de trigo

Cuarenta y cinco líneas de trigo (45), fueron evaluadas y purificadas en parcelas chicas. Adicionalmente se obtuvieron 4 kg de semilla de promedio por cada parcela experimental que será utilizada para la formación de ensayos del siguiente ciclo 2020.

▪ Ensayo de surcos triples (STs) de trigo

En la Tabla 33, se observa alta significancia estadística para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 9.1 t ha⁻¹ (rendimiento) y 78.1 kg hl⁻¹ (peso hectolitrito). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-18-029, TA-18-028 y TA-18-026 con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas TA-18-027, TA-18-029 y TA-18-030, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano del ensayo fue mediano/bueno y de color blanco (2B*).

Tabla 33. Análisis de varianza, Prueba DMS Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de trigo de surcos triples evaluadas en un ensayo en la EESC, 2019.

Línea	Rendimiento (t.ha ⁻¹)	Peso Hectolítrico (Kg.hl ⁻¹)	Tipo de grano ²
TA-18-029	11,0	79,8	2R*
TA-18-028	10,3	79,9	2B*
TA-18-026	10,0	79,4	1R*
TA-18-030	10,0	79,8	2B*
TA-18-027	9,7	81,0	1R*
INIAP CHIMBORAZO	7,4	71,3	2B*
INIAP VIVAR 2010	7,4	73,3	2B*
INIAP IMBABURA 2014	7,0	80,5	2R*
Coefficiente Variación	5.8	0.5	
P valor^a	0.0053**	<0.0001**	
DMS (p<0.05)	1.5	1.0	
Promedio	9.1	78.1	
Rango	7.1-11.2	70.9-81.3	
Coefficiente Correlación	1.0	1.0	

^aNivel de significancia 5%: (¶¶) altamente significativo, (¶) significativo, (n.s.) no significativo

²Tipo de grano: (1) grande, (2) mediano, (3) pequeño, delgado, chupado/ (B) Blanco (R) Rojo/ (*) bueno, (+) malo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

La Tabla 34, presenta la severidad y tipo de reacción de las líneas de trigo evaluadas en surcos triples para las principales enfermedades que afectan al cultivo. Las enfermedades de mayor incidencia fueron roya de la hoja y roya amarilla, con promedios de severidad de 25.6 % y 12.1%, respectivamente. Los parámetros a considerar fueron: severidad menor a 25 % de *P. striiformis* en hoja y menor al 5 % en espiga, en el caso de *P. triticina* la severidad en hoja debe ser menor al 25 % y mientras tanto en BYDV (0-9) menor a 3.

Tabla 34. Reacción a enfermedades de las líneas de trigo de surcos triples evaluadas en un ensayo en la EESC, 2019.

Líneas	<i>P. striiformis</i>		<i>P. triticina</i>		BYDV (0-9) ²	
	Hoja	Espiga	(%)	TR		
	(%)	TR ¹	(%)			
INIAP CHIMBORAZO	14	MR	10	66	S	1
INIAP IMBABURA 2014	13	R	10	49	S	1
INIAP VIVAR 2010	13	R	10	44	S	1
TA-18-026	8	R	0	9	R	1
TA-18-027	12	MR	0	10	R	1
TA-18-028	14	MR	0	11	R	1
TA-18-029	11	R	0	8	R	1
TA-18-030	11	MR	0	8	R	2
Promedio	12.1		3.8	25.6		1.1

¹Tipo de reacción: (R) resistente, (MR) medianamente resistente, (MS) medianamente susceptible, (S) susceptible.

²Escala de evaluación de BYDV: (0) trazas de amarillamiento, (5) amarillamiento extenso, (9) enanismo severo.

Fuente: Programa de Cereales, 2019

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron 5 líneas de trigo: (TA-18-026 y TA-18-027, TA-18-028, TA-18-029 y TA-18-030), por presentar alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos para el próximo ciclo 2020.

▪ Incremento de semilla con categoría Básica y Seleccionada.

Durante el ciclo 2019 en la EESC, se incrementó cinco variedades de trigo, obtuyéndose un total de 2229 kg de semilla de categoría básica y seleccionada, con el objetivo de refrescar cada año las variedades de trigo y también entregar al Departamento de Producción y Semillas del INIAP (Tabla 35).

Tabla 35. Variedades de trigo incrementada categoría Básica y seleccionada en la EESC, 2019.

N°	Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Chimborazo 78	195
2	INIAP-San Jacinto 2010	124
3	INIAP-Mirador 2010	110
4	INIAP-Vivar 2010	1125
5	INIAP-Imbabura 2014	675
Total		2229

Fuente: Programa de Cereales, 2019

▪ Ensayos Internacionales.

En el ciclo 2019, se evaluaron seis ensayos internacionales con un total de 1076 líneas de trigo para resistencia a roya amarilla, de las cuales se seleccionaron 221 líneas (Tabla 36).

Tabla 36. Líneas de trigo evaluadas y seleccionadas de los ensayos internacionales.

N°s	Ensayo	Líneas evaluadas	Líneas seleccionadas
1	50 TH IBWSN	283	53
2	35 TH SAWSN	277	59
3	28 TH HRWSN	157	24
4	11 TH STEMRRSN	171	34
5	12 TH STEMRRSN	136	38
6	9 TH HLBSN	52	13
TOTAL		1076	221

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con un total de 12 líneas promisorias (5 del ER1TH y 7 DEL ER2TH) y 226 líneas avanzadas (nacionales e introducidas) de trigo que servirán de base para la selección de líneas élite que podrán ser liberadas como futuras variedades mejoradas para los productores trigueros del Ecuador.

6. RECOMENDACIONES

Continuar con el proceso de mejoramiento y selección de materiales promisorios de trigo, que presentan características deseables: agronómicas, alto rendimiento y de calidad industrial. Las cuales servirán como fuente de diversidad para el Programa de Cereales y para los productores.

7. REFERENCIAS

Almacenas, J., López, A., Álvaro, F., Serra, J., Capellades, G. y Marín, J. (2013). *La roya amarilla de los trigos, un problema emergente* (en línea). España. Recuperado de http://www.adiveter.com/ftp_public/A1221113.pdf

Carretero, R., Serrano, R. y Millares, D. (2012). *Las enfermedades foliares en el cultivo de trigo: Una perspectiva ecofisiológica* (en línea). Argentina. Recuperado de <http://www.engormix.com/MA-agricultura/trigo/articulos/las-enfermedades-foliares-cultivo-t4379/998-p0.htm>

CGSIN. (2017). Boletín Situacional, Trigo. Consultado 26 de febrero del 2018 en [sipa.agricultura.gob.ec].

Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. (2018). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. <http://www.fao.org/>

FAOSTAT. (2019). Statistics Database. Consultado 15 de noviembre del 2019 en [<http://www.fao.org/faostat/en/#data>].

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2018). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continúa. Quito, Ecuador.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2019). Sistema de Información Pública Agropecuaria. Quito, Ecuador.

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. Manual No.111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p. ISBN Impreso 978-9942-22-467-5 e ISBN Digital 978-9942-22-468-2. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>

Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). *Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales*.

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN DE POBLACIONES SEGREGANTES DE TRIGO EN INVERNADERO Y CAMPO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

(Evaluation of wheat segregating populations on greenhouse and field in the Experimental Station Santa Catalina)

Luis Ponce-Molina, Javier Garófalo, Diego Campaña, Patricio Noroña

Resumen

El mejoramiento es un proceso continuo y la generación de poblaciones mejoradas a través de cruzamientos es una pieza fundamental en este proceso. En tal virtud el Programa de Mejoramiento de Cereales del INIAP anualmente tiene como objetivo realizar nuevos cruzamientos en búsqueda de materiales con características superiores que suplan las necesidades de los usuarios. Durante el ciclo 2019, se seleccionaron 12 parentales los cuales formaron 32 nuevos cruzamientos con varios objetivos, entre los principales, generar germoplasma resistente a enfermedades, altamente productivos, de calidad y adaptados a nuestras condiciones. Además, se evaluaron 1115 líneas segregantes de varias categorías (F2, F5, F6 y F7), y se seleccionaron un total de 387 materiales con características deseables para ser evaluados en el siguiente ciclo agrícola.

Palabras clave: mejoramiento, selección, segregantes, trigo.

Summary

Improvement is an ongoing process and the generation of improved populations through crossings is a fundamental part in this process. In this regard, the Cereal Improvement Program from INIAP annually aims to carry out new crossbreedings in search of materials with superior characteristics that meet the needs of users. During the 2019 cycle, 12 parents were selected which formed 32 new crossings with several objectives, among the main ones, generate disease resistant germplasm, highly productive, with good quality and adapted to our conditions. In addition, 1115 segregating lines of various categories (F2, F5, F6 and F7) were evaluated and a total of 387 materials with desirable characteristics were selected for evaluation in the next agricultural cycle on experimental fields.

Keywords: breeding, selection, segregating, wheat.

1. ANTECEDENTES

El desarrollo de poblaciones de mejoramiento a través de cruzamientos es una herramienta fundamental del mejoramiento genético, que permite combinar caracteres favorables a las plantas con el fin de obtener mejores variedades. En el Ecuador se ha observado que variedades mejoradas de cereales pierden características de interés como resistencia a enfermedades en pocos años. Por ello, es importante enfocar esfuerzos al desarrollo de poblaciones adaptadas, resistentes a enfermedades (royas), alto rendimiento (superior a 5 t ha⁻¹) y calidad industrial.

Las evaluaciones de las reacciones a las diferentes enfermedades en los viveros tienen como objetivo monitorear el comportamiento y evolución de la virulencia de la roya amarilla, roya de la hoja, virus del enanismo amarillo de la cebada (BYD), Fusarium y entre otras enfermedades (Stubbs, 1986).

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar y seleccionar poblaciones segregantes de trigo (*Triticum aestivum* L.) con resistencia enfermedades, calidad y alto rendimiento

Objetivos específicos

- Generar nuevas poblaciones de mejoramiento (F_1) con resistencia a royas, alto rendimiento (superior a 5 t ha^{-1}) y calidad agroindustrial.
- Identificar individuos en cada una de las poblaciones segregantes (F_2 , F_5 , F_6 y F_7) con resistencia a enfermedades y características agronómicas deseables en trigo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

▪ Desarrollo de poblaciones filiales (F_1) de trigo

En la EESC se desarrollaron poblaciones de trigo, orientadas a la generación de líneas con buenas características agronómicas, resistencia a enfermedades (roya amarilla y de la hoja) y calidad harinera. En el bloque de cruzamientos se planificaron y realizaron cruces entre líneas y variedades mejoradas (Tabla 37).

Tabla 37. Progenitores de trigo con características de resistencia y calidad harinera utilizados en el bloque de cruzamientos en la EESC, 2019.

N°.	Progenitor	Característica
Femenino ♀		
1	INIAP-Imbabura 2014	Variedad Mejorada
2	INIAP- Vivar 2010	Variedad Mejorada
3	INIAP-Mirador 2010	Variedad Mejorada
4	INIAP-San Jacinto 2010	Variedad Mejorada
5	Sibambe	Colección Nacional
6	Crespo	Colección Nacional
7	150	Colección Nacional
8	Morocho blanco	Colección Nacional
Masculino ♂		
1	Surcos Triples (Surco-149) Año 2017	Planta enana
2	TA-14-012 (Surco-9) ER1 TA 2018	Precoz, Tipo de grano
3	TA-14-038 (Surco-10) ER1 TH 2018	Precoz
4	TA-15-036 (Surco-14) ER1 TH 2018	Precoz

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

En el mes de abril del 2019, en el invernadero de fitomejoramiento del Programa de Cereales fueron sembrados los progenitores en macetas plásticas de dos kilogramos de capacidad con diez semillas cada una. A los 45 días después de la siembra se fertilizó con Urea (46-0-0) en dosis de 2 g por maceta.

La emasculación de flores de los progenitores femeninos fue realizada al inicio del estado Z45 según la escala de Zadoks (vaina engrosada) (Zadoks et al., 1974; Ponce-Molina et al., 2019). La polinización se realizó de tres a cinco días posteriores a la emasculación, utilizando espigas del progenitor masculino (donante de polen). El período de emasculación-polinización estuvo comprendido entre los 45 a 60 días después de la siembra.

▪ Evaluación de poblaciones segregantes F_2 , F_5 , F_6 y F_7 de trigo en campo.

Los métodos de mejoramiento y selección empleados en las poblaciones segregantes sembradas en campo fueron:

Masal y Masal Selecto. Las evaluaciones fueron realizadas durante el ciclo de cultivo y se seleccionó germoplasma con características agronómicas deseables, resistencia a enfermedades, alto rendimiento y calidad.

4. RESULTADOS

▪ Desarrollo de poblaciones filiales (F_1) de trigo

En la EESC, se obtuvieron treinta cruza F_1 de trigo (Tabla 38), provenientes de cruza recíprocas entre variedades harineras y aptitud panadera.

Tabla 38. Poblaciones F_1 de trigo provenientes del bloque de cruzamientos en la EESC, 2019.

N°. Surco	Pedigree	Origen EESC F_1 /2019
1	INIAP-Imbabura 2014/6/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1/5/ PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CN079//2*SERI E-TA19-20814	Cruza P-1
2	INIAP-Imbabura 2014//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20815	P-2
3	INIAP-Imbabura 2014/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20816	P-3
4	INIAP-Imbabura 2014/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20817	P-4
5	INIAP- Vivar 2010/6/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1/5/ PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CN079//2*SERI E-TA19-20818	P-5
6	INIAP- Vivar 2010//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20819	P-6
7	INIAP- Vivar 2010/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20820	P-7
8	INIAP- Vivar 2010/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20821	P-8
9	INIAP-Mirador 2010//6/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1/5/ PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CN079//2*SERI E-TA19-20822	P-9
10	INIAP-Mirador 2010//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20823	P-10
11	INIAP-Mirador 2010/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20824	P-11
12	INIAP-Mirador 2010/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20825	P-12
13	INIAP-San Jacinto 2010/6//6/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA// 2*WBLL1/5/PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CN079//2*SERI E-TA19-20826	P-13

14	INIAP-San Jacinto 2010//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20827	P-14
15	INIAP-San Jacinto 2010/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20828	P-15
16	INIAP-San Jacinto 2010/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20829	P-16
17	Sibambe/6//6/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1/5/ PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI E-TA19-20830	P-17
18	Sibambe//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20831	P-18
19	Sibambe/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20832	P-19
20	Sibambe/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20833	P-20
21	Crespo//6/WHEAR/KUKUNA/3/C80.1/3*BATAVIA//2*WBLL1/5/ PRL/2*PASTOR/4/CHOIX/STAR/3/HE1/3*CNO79//2*SERI E-TA19-20834	P-21
22	Crespo//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20835	P-22
23	Crespo/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20836	P-23
24	Crespo/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20837	P-24
25	150//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20838	P-25
26	150/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20839	P-26
27	150/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20840	P-27
28	Morocho Blanco//BAJ #1/KISKADEE #1 E-TA19-20841	P-28
29	Morocho Blanco/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20842	P-29
30	Morocho Blanco/3/SUP152//WBLL1*2/BRAMBLING E-TA19-20843	P-30

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

▪ **Evaluación de poblaciones segregantes F₂, F₅, F₆ y F₇ de trigo en campo.**

Durante el año 2019, se sembraron y evaluaron en campo 1115 poblaciones segregantes (10 líneas F₂, 1055 poblaciones líneas F₅, 25 líneas poblaciones F₆ y 25 líneas poblaciones F₇). Al finalizar el año se seleccionaron 387 poblaciones (Tabla 39).

Tabla 39. Poblaciones segregantes de trigo evaluadas y seleccionadas en la EESC, 2019.

Filial	Evaluadas	Total Seleccionadas	Cosechadas		
			Espigas	Plantas	Parcelas
F2	10	115 (M/S ²)	115		
F5	1055	259 (M ¹)			259
F6	25	4 (M ¹)			4
F7	25	9 (M ¹)			9
Total	1115	387	115		272

¹ M: Masal; ²M/S: Masal selecto

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

Realizada la evaluación de las diferentes poblaciones se generaron: 30 nuevas líneas F1 además se seleccionó 115 líneas para F3, 259 para F6, 4 para F7 y 9 para F8, las cuales serán evaluadas durante el ciclo agrícola 2020.

5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 30 nuevos cruzamientos y 387 poblaciones en diferentes generaciones segregantes, las cuales serán evaluados en busca de germoplasma con características deseables para el productor triguero del Ecuador.

6. RECOMENDACIONES

Continuar con el mejoramiento generacional y selección de materiales de las diferentes poblaciones filiales de trigo para el próximo ciclo de evaluación.

7. REFERENCIAS

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. Manual No.111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p. ISBN Impreso 978-9942-22-467-5 e ISBN Digital 978-9942-22-468-2. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>

Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). *Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales*.

Zadoks, J., Chang, T.T. y Konzak, C.F. (1974). *A decimal code for the growth stages of cereals*.

CAPÍTULO 6

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LINEAS DIFERENCIALES DE CEREALES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

(Following and evaluation of cereal differentials lines in the Experimental Station Santa Catalina)

Luis Ponce-Molina, Javier Garófalo, Diego Campaña, Patricio Noroña

Resumen

La evaluación de las enfermedades que se presentan en los cultivos de trigo y cebada es muy importante, ya que de ello depende el identificar la posible evolución de estos patógenos de importancia económica en estos cultivos. Una manera de realizar este trabajo es la evaluación de las denominadas líneas diferenciales, las cuales son germoplasma de cereales que poseen diferentes genes específicos conocidos, lo que nos permite conocer en forma rápida si se ha roto la resistencia de un gen conocido al ser evaluado bajo condiciones favorables para la presencia de una enfermedad. El Programa de Cereales cuenta con un set de diferenciales para trigo compuesto por 29 líneas que poseen diversos genes de resistencia a royas del trigo, y un set de 13 líneas diferenciales para royas en el cultivo de cebada, los cuales son sembrados y evaluados anualmente. Durante el ciclo 2019 se pudo observar que siguen siendo efectivos los genes Yr10, Yr15 y Yr17 para royas del trigo, y los genes rpsHi1, rpsHi2, rpsVa1, rpsVa2 y Rps1.c para royas en cebada. Estos materiales serán evaluados en el ciclo 2020 para continuar su monitoreo.

Palabras clave: diferenciales, genes de resistencia, royas, trigo, cebada.

Summary

The evaluation of diseases that attack wheat and barley crops is very important, and it depends of the identification from possible evolution of these economically important pathogens in these crops. One way to do this work is the evaluation of the named differential lines, which are cereal germplasm that possess different specific genes known, which allows us to quickly know if the resistance of a known gene has been broken being tested under favorable conditions for the presence of a disease. The Cereal Program has a set of wheat differentials composed of 29 lines that possess various wheat rust resistance genes, and a set of 13 differential lines for rust in barley cultivation, which are sown and evaluated annually. During the 2019 cycle it was observed that the Yr10, Yr15 and Yr17 genes for wheat rusts, and the rpsHi1, rpsHi2, rpsVa1, rpsVa2, and Rps1.c genes for barley rusts remain effective. These materials will be evaluated in the cycle 2020 for continue their monitoring.

Keywords: differentials, resistance genes, rusts, wheat, barley.

1. ANTECEDENTES

Las epidemias recurrentes de enfermedades en trigo y cebada continúan causando pérdidas en los cultivos a nivel mundial y en el Ecuador. Las tres royas que están presentes en Ecuador y atacan al trigo son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*P. triticina*) y roya del tallo (*P. graminis*); y dos para el caso de cebada: roya amarilla (*P. striiformis*) y roya de la hoja (*P. hordei*). Adicionalmente, en los últimos años existe la presencia de escaldadura en cebada (*Rhynchosporium secalis*), convirtiéndose en un problema grave en este cultivo. El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, anualmente evalúa los diferenciales de trigo y cebada para observar la evolución de las razas de royas presentes en la EESC.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la incidencia y severidad a las royas de los diferenciales de trigo y cebada en la EESC.

Objetivo específicos

- Identificar genes de resistencia activos a través de los diferenciales de trigo de las principales enfermedades que afectan al cultivo.
- Identificar genes de resistencia activos a través de los diferenciales de cebada de las principales enfermedades que afectan al cultivo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Las 29 líneas de diferenciales de trigo y 13 de cebada fueron sembradas en el Lote A3 de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. Estas líneas poseen genes específicos que permiten identificar la evolución de las razas de royas que atacan anualmente al cultivo. La evaluación de la severidad a royas se realizó entre los 90 y 120 días después de la siembra y se registró en porcentaje de (0 – 100 %) para roya (amarilla y hoja) (Ponce-Molina et al., 2019).

4. RESULTADOS

▪ Diferenciales de trigo

El nivel de infección en roya amarilla fue del 70 % en las líneas AVOCET+YRA, YR9/6*AOC, AVOCET-YRA y 80 % de infección en la línea Morocco (testigo susceptible). Mientras tanto en la espiga presentaron nueve líneas del 15 al 20 % de infección. De las 29 líneas evaluadas 16 presentaron reacción de susceptibilidad a *P. striiformis*. Las restantes 13 líneas/genes fueron resistentes o moderadamente resistentes, con infecciones de 20 % o menos. Del mismo modo, *P. triticina*, presentó bajos niveles de infestación, con apenas 5 líneas susceptibles, la línea que presentó el mayor nivel de infestación fue AOC-YR*3/PASTOR con 60 %. Todas las 29 líneas mostraron síntomas de BYDV, entre 1 a 2 en una escala de 0-9. (Tabla 40)

Tabla 40. Severidad y tipo de reacción a royas en diferenciales de trigo evaluados en la EESC, 2019.

Línea	<i>P.striiformis</i> ¹			<i>P. triticina</i> ¹		Gen ²
	Hoja	Espiga		Hoja (%)	TR ¹	
	(%)	TR ¹	(%)			
MOROCCO	80	S	20	10	R	Susceptible
AVOCET-YRA	70	S	10	5	R	(-)Yr
AVOCET+YRA	70	S	15	1	R	(+)Yr
YR1/6*AOC	40	S	10	1	R	Yr1
SIETE CERROS T66	40	S	15	5	R	Yr2
TATARA	25	MS	0	1	R	Yr3
YR5/6*AOC	20	MS	0	25	MS	Yr5
YR6/6*AOC	60	S	10	5	R	Yr6
YR7/6*AOC	70	S	15	1	R	Yr7
YR8/6*AOC (menor)	25	MS	0	5	R	Yr8
YR9/6*AOC	70	S	15	1	R	Yr9
YR10/6*AOC	25	MS	0	5	R	Yr10
YR15/6*AOC	15	MR	0	10	R	Yr15
YR17/6*AOC	15	MR	0	20	MS	Yr17
YR18/3*AOC	40	S	0	1	R	Yr18
YR24/3*AOC	40	S	0	1	R	Yr24
YR26/3*AOC	20	MS	0	15	MR	Yr26
YR27/6*AOC	60	S	15	10	R	Yr27
YR sp/6*AOC	15	MR	0	25	MS	YrSP
PAVON F 76 (menores)	20	MS	0	5	R	Yr29-Yr30
SERI M82	20	MS	10	5	R	Yr9-Yr29

OPATA M85	40	S	15	5	R	Yr27-Yr18
SUPER KAUZ	40	S	15	25	MS	Yr18-Yr9-Yr27
YRCV / 6*AOC	60	S	10	10	R	-
PBW343	40	S	0	1	R	-
AOC-YR*3/3ALTAR 84/AE.SQ//OPATA	30	MS	0	40	S	Yr28
AOC-YR*3// LALBMONO1*4PVN	30	MS	0	50	S	Yr29
AOC-YR*3/PASTOR	50	S	10	60	S	Yr31
POLLMER-2.1.1	25	MS	15	5	R	-
Promedio	40		7	12		

¹Porcentaje de infección en *Puccinia striiformis*, *Puccinia triticina*.

²Gen: Gen conocido de resistencia.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

▪ Diferenciales de cebada

Para roya amarilla (*P. striiformis*) el testigo susceptible TOPPER alcanzó 50% de severidad; las líneas que presentaron mayor severidad fueron Astrix, Big0 y Bancroft, con 40%. De las 13 líneas evaluadas 6 presentaron reacción de susceptibilidad a *P. striiformis*. Las restantes 7 líneas/genes fueron resistentes o moderadamente resistentes, con infecciones de 20 % o menos. Para roya de la hoja (*P. hordei*) la mayoría de las líneas presentaron valores bajos de severidad con infecciones de 20% o menos, a excepción de la línea LPGJCJ-023, que presentó susceptibilidad con una severidad del 50 %. (Tabla 41)

Tabla 41. Promedios de enfermedades del ensayo de diferenciales de cebada evaluados en la EESC, 2019.

Línea	<i>P. striiformis</i> ¹			<i>P. hordei</i> ¹		Gen ³
	Hoja		Espiga	Hoja (%)	TR ¹	
	(%)	TR ¹	(%)			
TOPPER	50	S	10	10	R	Susceptible
HEILS FRANKEN	30	MS	0	5	R	Rps4, rpsHF
EMIR	15	MR	10	5	R	rpsEm1, rpsEm2
ASTRIX	40	S	10	10	R	Rps4, rpsAst
HIPROLY	15	MR	0	5	R	rpsHi1, rpsHi2
VARUDA	15	MR	0	1	R	rpsVa1, rpsVa2
ABED BINDER 12	20	MS	0	5	R	rps2
TRUMPF	15	MR	0	10	R	rpsTr1, rpsTr2
MAZURKA	15	MR	0	5	R	Rps1.c
BIG O	40	S	0	10	R	Rps1.b
I5	30	MS	0	20	MS	Rps3, rpsI5
BANCROFT	40	S	0	20	MS	RpsBa
LPGJCJ-023	15	MR	0	50	S	-
Promedios	29		2	12		
Líneas evaluadas	13					

¹ Royas: Porcentaje de infección en *Puccinia striiformis*, *Puccinia hordei*, *R secalis*;

²BYDV: Porcentaje de infección (1=baja, 9=alta); ³Gen: Gen conocido de resistencia.

Fuente: Programa de Cereales, 2019.

5. CONCLUSIONES

Se identificó virulencia en los diferenciales de trigo y cebada, concluyendo que existe una amplia gama de diversidad genética en las royas, denotando que existen diversas formas de evolución genética. Los genes que siguen activos para nuestra zona son Yr10, Yr15 y Yr17 para trigo y para para el caso de cebada rpsHi1, rpsHi2, rpsVa1, rpsVa2 y Rps1.c.

6. RECOMENDACIONES

Continuar evaluando los diferenciales de trigo y cebada para monitorear e identificar los genes activos de resistencia y la evolución de las principales enfermedades que afectan a estos cultivos en el Ecuador.

7. REFERENCIAS

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. Manual No.111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p. ISBN Impreso 978-9942-22-467-5 e ISBN Digital 978-9942-22-468-2. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>

Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). *Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales*.

ANEXOS

Anexo 1. Eventos de capacitación y difusión.

Information on Training that has been given in the CEREALES-KOPIA Project, Cycle 2019			
Date	Number of participants	Objective group	Training Content
21/05/2019	30	Farmers Involved in the Project	<p>Importance of cereal crops in the area</p> <p>Fertilization in the cultivation of wheat and barley</p> <p>Symptoms of deficiencies of macro fertilization and micro elements in cereals (Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Sulfur, Magnesium, Calcium, Low plant growth</p> <p>Very slow initial growth</p> <p>Poor root growth</p> <p>Plant decoration</p> <p>Early or late maturation</p> <p>Poor growth of adjacent crops</p> <p>Poor quality grains</p> <p>Symptoms of leaf deficiency</p> <p>Soil analysis</p> <p>Fertilizer recommendation in wheat and barley cultivation</p> <p>Fertilization (Chemical - Organic)</p> <p>Complementary nitrogen fertilization</p> <p>Epochs and stages of fertilizer application</p> <p>Calculations and doses of chemical and organic fertilization</p>
22/05/2019	30	Farmers Involved in the Project	<p>Importance of cereal crops in the area</p> <p>Fertilization in the cultivation of wheat and barley</p> <p>Symptoms of deficiencies of macro fertilization and micro elements in cereals (Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Sulfur, Magnesium, Calcium, Manganese, Copper, Zinc, Iron)</p> <p>Low plant growth</p> <p>Very slow initial growth</p> <p>Poor root growth</p> <p>Plant decoration</p> <p>Early or late maturation</p> <p>Poor growth of adjacent crops</p> <p>Poor quality grains</p> <p>Symptoms of leaf deficiency</p> <p>Soil analysis</p> <p>Fertilizer recommendation in wheat and barley cultivation</p> <p>Fertilization (Chemical - Organic)</p> <p>Complementary nitrogen fertilization</p> <p>Epochs and stages of fertilizer application</p> <p>Calculations and doses of chemical and organic fertilization (Practice)</p>
			Gonzol-Chimborazo
			Pucupala-Chimborazo

06/06/2019	10	Farmers Involved in the Project	<p>"MANAGEMENT OF FERTILIZATION IN THE GROWING OF WHEAT AND BARLEY".</p> <p>"MANAGEMENT OF FERTILIZATION IN THE GROWING OF WHEAT AND BARLEY".</p>	<p>Importance of cereal crops in the area</p> <p>Fertilization in the cultivation of wheat and barley</p> <p>Symptoms of deficiencies of macro fertilization and micro elements in cereals (Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Sulfur, Magnesium, Calcium, Manganese, Copper, Zinc, Iron)</p> <p>Soil analysis</p> <p>Fertilizer recommendation in wheat and barley cultivation</p> <p>Fertilization (Chemical - Organic)</p> <p>Complementary nitrogen fertilization</p> <p>Epochs and stages of fertilizer application</p> <p>Calculations and doses of chemical and organic fertilization (Practice)</p> <p>Pest Definition</p> <p>Main pests in cereals (Identification, signs, symptoms and problems they cause).</p> <p>Integrated Pest Management in Cereals</p> <p>Chemical control of diseases in Cereals</p> <p>Protective equipment necessary for the application.</p> <p>Field Application Equipment.</p> <p>Types of nozzles in backpack pumps</p> <p>Material wear nozzles</p> <p>Calibrations needed before application. Calculation of water quantity and dose per pump.</p>	Ugsha-Imbabura
06/06/2019	26	Farmers Involved in the Project	<p>"MANAGEMENT OF FERTILIZATION IN THE GROWING OF WHEAT AND BARLEY".</p> <p>"MANAGEMENT OF FERTILIZATION IN THE GROWING OF WHEAT AND BARLEY".</p>	<p>Importance of cereal crops in the area</p> <p>Fertilization in the cultivation of wheat and barley</p> <p>Symptoms of deficiencies of macro fertilization and micro elements in cereals (Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Sulfur, Magnesium, Calcium, Manganese, Copper, Zinc, Iron)</p> <p>Soil analysis</p> <p>Fertilizer recommendation in wheat and barley cultivation</p> <p>Fertilization (Chemical - Organic)</p> <p>Complementary nitrogen fertilization</p> <p>Epochs and stages of fertilizer application</p> <p>Calculations and doses of chemical and organic fertilization (Practice)</p> <p>Pest Definition</p> <p>Main pests in cereals (Identification, signs, symptoms and problems they cause).</p> <p>Integrated Pest Management in Cereals</p> <p>Chemical control of diseases in Cereals</p> <p>Protective equipment necessary for the application.</p> <p>Field Application Equipment.</p> <p>Types of nozzles in backpack pumps</p> <p>Material wear nozzles</p> <p>Calibrations needed before application. Calculation of water quantity and dose per pump.</p>	Abra-Imbabura

03/08/2019	34	Farmers involved in the Project	<p>MANAGEMENT OF FERTILIZATION IN THE GROWING OF WHEAT AND CEBADA' AND "MANAGEMENT OF DISEASES IN THE CEREALS"</p>	<p>Importance of fertilization. Symptoms of fertilization deficiencies: nitrogen, phosphorus and potassium. Little plant growth. Main characteristics of cereal deficiency Soil analysis Fertilizer recommendation in wheat and barley cultivation Fertilization (Chemical - Organic) Complementary nitrogen fertilization Epochs and stages of fertilizer application Calculations and doses of chemical and organic fertilization What is a plague What are the main pests in Cereals Foliar diseases: yellow rust, leaf rust, stem rust, scalding and BYDV virus. Spike diseases: fusarium, coal and yellow rust. Losses caused by diseases. Integrated Pest Management: chemical control. Protection equipment. Spray equipment: pumps and nozzles. Spray equipment calibration. Importance of fertilization. Symptoms of fertilization deficiencies: nitrogen, phosphorus and potassium. Little plant growth. Main characteristics of cereal deficiency</p>	Tambo-Pichincha
------------	----	---------------------------------	--	--	-----------------

<p>6 y 7/11/2019</p>	<p>29</p>	<p>INIAP technicians, MAG technicians, University professionals, NGO technicians</p>	<p>COURSE "GENETIC IMPROVEMENT" "IMPLEMENTATION OF RESEARCH TESTS" "ADEQUATE CROP MANAGEMENT" GENETIC RESISTANCE AND EVALUATION PARAMETERS PARTICIPATORY RESEARCH AND GENDER APPROACH</p>	<p>Crossings Introductions Mutations Selection Statistics Experimental design Implementation of an Essay Analysis of data Interpretation and discussion of results Lot selection. Batch Preparation Whitewashing Quality seed Seed density Sowing and depth Fertilization Fertilization Supplementary Fertilization Weed control Disease Control Mixing and purification Harvest and threshing Postharvest What is a gene? What is a genome? What is phenotype and genotype? Types of genes Types of resistance Agronomic and morphological parameters to evaluate Disease resistance assessment Germplasm selection with desirable characteristics What is PPB? What is a gender approach?</p>	<p>E.E. AUSTRO, Azogues</p>
----------------------	-----------	--	---	---	-----------------------------

27/02/2019	89	<p>Technicians from INIAP, KOPIA Ecuador, MAG, CODESPA, Parish Board and CORPOGONZOL Association and Farmers in the area</p>	<p>FIELD DAY "SEED OF DEMONSTRATIVE PLOTS OF SOIL CONSERVATION TECHNIQUES IN THE PARISH OF GONZOL, PROVINCE OF CHIMBORAZO".</p>	<p>Mrs. Norma President of the Association, welcomed the Field Day to the INIAP-KOPIA Technicians, Codespa, farmers and technicians of the MAG of the area, who are participants in the KOPIA-INIAP Project, with the implementation of demonstration plots of research on soil conservation techniques in the parish Gonzol. Mr. Javier Garófalo gave the words of welcome from Ing. Rodríguez Director of the EESC, explained the importance that was approved by KOPIA the project that was approved by the EESC Cereal Program, on Soil Conservation in Ecuador with INIAP Dr. Cho, He showed a lot of interest on the part of the farmers of the Gonzol parish area, for the implementation of the trials with the Project, which is being carried out jointly with the INIAP-KOPIA on Soil Conservation Techniques in the Chimborazo province. Mr. Javier Garófalo, told the farmers about the research carried out by the INIAP Cereals Program that is carried out at the EESC. During the field day the objectives of the project were explained, as well as soil conservation techniques to be implemented in the area for the cultivation of cereals, and culminated with the practical implementation of the demonstration research plots: direct sowing, green manure and witness of the farmer and thus obtain high yields in the different areas that produce in the area. Finally, the farmers expressed their concerns on the field day with a plenary</p>	Gonzol-Chimborazo
21/08/2019	132	<p>Technicians of INIAP-Transfer, KOPIA Ecuador, MAG, CODESPA, Parish Board, Farmers in the area and CORPOGONZOL Association Técnicos del INIAP-Transferencia, KOPIA Ecuador, MAG, CODESPA, Junta Parroquial, Agrícolas de la zona y Asociación CORPOGONZOL</p>	<p>FIELD DAY "POTENTIALIZATION OF THE AGROPRODUCTIVE CHAIN OF THE WHEAT IN THE GONZOL PARISH, CANTON CHUNCHI, CHIMBORAZO PROVINCE"</p>	<p>The President of the Association welcomed the Field Authorities to the present Technical Authorities of INIAP-KOPIA, farmers and technicians of the MAG of the area, participants of the KOPIA-INIAP Project The INIAP EESC authorities and other authorities explaining the importance of the KOPIA project approved and executed by the INIAP EESC Cereal Program and as a beneficiary to the farmers of the areas where the Project is being carried out, as well as the links with other organizations that is had by the KOPIA Project The representative of KOPIA Ecuador, Dr. Cho, expressed the commitment that the Government of Korea with the improvement of opportunities to the peasant family of Ecuador. And so it also evidenced the work done and the interest that farmers have in participating in each of the activities The Cereals Program technicians explained to the farmers about the research and work that is being developed in the Association of farmers "CorpoGonzol". During the field day the objectives of the project were explained in situ, as well as the soil conservation techniques used and the preliminary results obtained Finally, the farmers expressed their concerns on the field day with a plenary.</p>	Gonzol-Chimborazo

14/08/2019	60	Technicians of INIAP-Transfer, KOPIA Ecuador, MAG, GAD Pedro Moncayo, Farmers Pichincha and Imbabura.	"POTENTIALIZATION OF THE WHEAT AGROPRODUCTIVE CHAIN PARISH LA ESPERANZA, IMBABURA PROVINCE"	<p>The President of the Association welcomed the Field Authorities to the present Technical Authorities of INIAP-KOPIA, farmers and technicians of the MAG of the area, participants of the KOPIA-INIAP Project</p> <p>The INIAP EESC authorities and other authorities explaining the importance of the KOPIA project approved and executed by the INIAP EESC Cereal Program and as a beneficiary to the farmers of the areas where the Project is being carried out, as well as the links with other organizations that is had by the KOPIA Project</p> <p>The representative of KOPIA Ecuador, Dr. Cho, expressed the commitment that the Government of Korea with the improvement of opportunities to the peasant family of Ecuador. And so it also evidenced the work done and the interest that farmers have in participating in each of the activities</p> <p>The Cereals Program technicians explained to the farmers about the research and work that is being developed in the Association of farmers "CorpoGonzol". During the field day the objectives of the project were explained in situ, as well as the soil conservation techniques used and the preliminary results obtained</p> <p>Finally, the farmers expressed their concerns on the field day with a plenary.</p>	ELABRA - IMBABURA
03/07/2019	100	Technicians of INIAP-Transfer, KOPIA Ecuador, MAG, GAD Pedro Moncayo, Farmers Pichincha and Imbabura.	FIELD DAY "TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE PRODUCTION OF CEREALS IN ECUADOR".	<p>Mr. Jorge Ibarra, owner of the Hcda, Al Bonito welcomed the Field Day to the INIAP-KOPIA Technicians, pichincha farmers, Imbabura and MAG technicians from the area, who are participants in the KOPIA-INIAP Project, with the implementation of demonstrative research plots on soil conservation techniques in the parish Gonzol.</p> <p>Mr. Javier Garófalo gave the words of welcome from Ing. Rodriguez Director of the EESC, explained the importance that was approved by KOPIA the project that was approved by the EESC Cereal Program, on Soil Conservation in Ecuador with INIAP.</p> <p>Dr. Cho, He showed a lot of interest on the part of the farmers of the Gonzol parish area, for the implementation of the trials with the Project, which is being carried out jointly with the INIAP-KOPIA on Soil Conservation Techniques in the Chimborazo province.</p> <p>Mr. Javier Garófalo, told the farmers about the research carried out by the INIAP Cereals Program that is carried out at the EESC. During the field day the objectives of the project were explained, as well as soil conservation techniques to be implemented in the area for the cultivation of cereals, and culminated with the practical implementation of the demonstration research plots: direct sowing, green manure and witness of the farmer and thus obtain high yields in the different areas that produce in the area.</p> <p>Finally, the farmers expressed their concerns on the field day with a plenary.</p>	Pedro Moncayo - Pichincha

Anexo 2. Resultados de análisis de suelo muestreos iniciales

Resultados iniciales de las muestras de suelo en los ensayos de investigación del Proyecto KOPIA-INIAP

Año: 2019

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49561	CH-GO-M1-SD-SB1	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 1	6,1	87,0	34,0	0,3	5,1	3,2	5,2	1,6	11,0	28,6	8,6
49562	CH-GO-M1-SD-SB2	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 2	6,1	88,0	24,0	0,3	5,2	3,3	5,2	1,6	10,7	27,4	8,8
49563	CH-GO-M1-SD-SB3	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 3	6,0	88,0	23,0	0,3	12,6	3,0	4,8	4,2	10,0	52,0	15,9
49564	CH-GO-M1-SD-SB4	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 4	6,1	112,0	23,0	0,3	12,9	3,0	4,8	4,3	10,3	54,8	16,2
49565	CH-GO-M1-SD-SB5	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 5	6,1	95,0	22,0	0,3	5,4	3,1	5,3	1,7	9,7	26,6	8,8
		Promedio	6,1	94,0	25,2	0,3	8,2	3,1	5,1	2,7	10,3	37,9	11,7
		Desviación estándar	0,1	10,6	5,0	0,0	4,1	0,1	0,2	1,4	0,5	14,2	4,0
		CV (%)	0,9	11,2	19,7	4,3	50,0	4,2	4,8	53,4	5,1	37,6	34,3
49566	CH-GO-M1-SC-SB1	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 1	6,5	73,0	46,0	1,0	13,0	3,2	4,2	4,1	3,2	16,2	17,2
49567	CH-GO-M1-SC-SB2	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 2	6,0	86,0	31,0	0,5	12,7	3,1	4,7	4,1	6,2	31,6	16,3
49568	CH-GO-M1-SC-SB3	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 3	6,4	79,0	28,0	1,3	13,5	3,5	5,0	3,9	2,7	13,3	18,3
49569	CH-GO-M1-SC-SB4	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 4	6,0	69,0	18,0	0,5	11,8	3,1	4,7	3,8	6,5	31,0	15,4
49570	CH-GO-M1-SC-SB5	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 5	6,0	87,0	28,0	0,4	12,6	3,2	4,6	3,9	8,4	41,6	16,2
		Promedio	6,2	78,8	30,2	0,7	12,7	3,2	4,6	4,0	5,4	26,7	16,7
		Desviación estándar	0,2	7,9	10,1	0,4	0,6	0,2	0,3	0,1	2,4	11,8	1,1
		CV (%)	3,6	10,0	33,5	53,8	4,9	5,1	6,2	3,2	44,2	44,0	6,6

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							Ca+Mg/K (meq/100 ml)	Bases (meq/100 ml)
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k			
49571	CH-GO-M1-AB-SB1	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 1	6,2	55,0	24,0	0,6	11,4	3,0	4,3	3,8	5,3	25,3	15,0	
49572	CH-GO-M1-AB-SB2	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 2	6,2	73,0	25,0	0,5	12,2	3,1	4,6	3,9	6,3	31,2	15,8	
49573	CH-GO-M1-AB-SB3	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 3	6,1	60,0	23,0	0,5	11,8	3,2	4,2	3,7	6,3	29,4	15,5	
49574	CH-GO-M1-AB-SB4	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 4	6,1	17,0	22,0	0,7	11,5	3,1	4,3	3,7	4,3	20,0	15,3	
49575	CH-GO-M1-AB-SB5	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 1, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 5	6,2	59,0	25,0	0,7	12,8	3,3	4,7	3,9	4,7	23,0	16,8	
		Promedio	6,2	52,8	23,8	0,6	11,9	3,1	4,4	3,8	5,4	25,8	15,7	
		Desviación estándar	0,0	21,1	1,3	0,1	0,6	0,1	0,2	0,1	0,9	4,6	0,7	
		CV (%)	0,7	40,0	5,5	18,3	4,8	3,6	4,9	2,8	17,3	17,8	4,4	
49576	CH-PU-M1-RC-SB1	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 1	6,7	73,0	21,0	0,7	12,6	3,6	2,9	3,5	5,0	22,5	16,9	
49577	CH-PU-M1-RC-SB2	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 2	6,8	72,0	18,0	0,9	13,4	3,7	2,6	3,6	4,4	20,1	18,0	
49578	CH-PU-M1-RC-SB3	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 3	6,8	55,0	10,0	0,7	13,3	3,7	2,9	3,6	5,3	24,3	17,7	
49579	CH-PU-M1-RC-SB4	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 4	6,6	54,0	22,0	0,7	12,9	3,8	2,9	3,4	5,4	23,5	17,4	
49580	CH-PU-M1-RC-SB5	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 5	6,9	58,0	11,0	0,7	13,3	3,7	2,6	3,6	5,2	23,9	17,7	
		Promedio	6,8	62,4	16,4	0,7	13,1	3,7	2,8	3,5	5,0	22,9	17,5	
		Desviación estándar	0,2	9,3	5,6	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,4	1,7	0,4	
		CV (%)	2,2	15,0	34,1	8,5	2,6	1,9	5,9	2,7	8,1	7,3	2,3	

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49581	CH-PU-M1-SC-SB1	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 1	6,9	96,0	27,0	0,9	15,2	3,5	2,8	4,3	3,8	20,1	19,6
49582	CH-PU-M1-SC-SB2	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 2	6,8	86,0	33,0	1,0	15,5	3,4	2,8	4,6	3,5	19,3	19,9
49583	CH-PU-M1-SC-SB3	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 3	6,6	94,0	41,0	0,9	16,0	3,6	2,8	4,4	4,0	22,0	20,5
49584	CH-PU-M1-SC-SB4	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 4	6,8	78,0	18,0	0,8	14,4	3,5	2,7	4,1	4,2	21,6	18,7
49585	CH-PU-M1-SC-SB5	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 5	6,9	81,0	20,0	0,8	14,5	3,3	2,7	4,4	4,4	21,2	18,6
		Promedio	6,8	87,0	27,8	0,9	15,1	3,5	2,8	4,4	4,0	20,8	19,5
		Desviación estándar	0,1	7,9	9,5	0,1	0,7	0,1	0,1	0,2	0,4	1,1	0,8
		CV (%)	1,5	9,1	34,1	7,0	4,5	3,3	2,0	3,8	9,2	5,4	4,0
49586	IM-FI-M1-TE-SB1	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA1	6,1	59,0	23,0	0,4	8,8	1,6	2,9	5,5	4,3	28,1	10,8
49587	IM-FI-M1-TE-SB2	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA2	6,2	54,0	37,0	0,5	10,8	2,4	4,2	4,5	5,2	28,7	13,7
49588	IM-FI-M1-TE-SB3	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA3	6,6	27,0	15,0	0,4	11,8	2,6	3,6	4,5	6,7	36,9	14,8
49589	IM-FI-M1-TE-SB4	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA4	6,2	49,0	18,0	0,4	12,0	2,4	3,9	5,0	6,3	37,9	14,8
49590	IM-FI-M1-TE-SB5	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA5	6,3	64,0	21,0	0,3	12,1	2,2	3,4	5,5	6,9	44,7	14,6
49591	IM-FI-M1-TE-SB6	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA6	6,5	45,0	22,0	0,3	14,9	2,9	3,5	5,1	10,7	65,9	18,1
		Promedio	6,4	47,8	22,6	0,4	12,3	2,5	3,7	4,9	7,2	42,8	15,2
		Desviación estándar	0,2	13,6	8,5	0,1	1,5	0,3	0,3	0,4	2,1	14,1	1,7
		CV (%)	2,8	28,5	37,6	19,9	12,4	10,6	8,8	8,5	29,3	32,9	11,1

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49592	IM-FI-M1-SC-SB1	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA1	6,1	68,0	32,0	0,4	8,8	1,5	2,9	5,9	4,1	27,8	10,7
49593	IM-FI-M1-SC-SB2	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA2	6,0	59,0	43,0	0,4	9,0	1,7	3,8	5,3	4,4	27,4	11,1
49594	IM-FI-M1-SC-SB3	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA3	6,1	60,0	33,0	0,3	10,9	1,9	3,3	5,7	5,9	40,0	13,1
49595	IM-FI-M1-SC-SB4	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA4	6,0	69,0	47,0	0,2	9,2	1,8	3,2	5,1	7,8	47,8	11,2
49596	IM-FI-M1-SC-SB5	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA5	6,4	60,0	30,0	0,3	11,1	2,3	2,9	4,8	8,9	51,5	13,7
49597	IM-FI-M1-SC-SB6	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA6	6,5	91,0	23,0	0,2	12,5	2,8	3,3	4,5	12,2	66,5	15,5
		Promedio	6,2	67,8	35,2	0,3	10,5	2,1	3,3	5,1	7,8	46,7	12,9
		Desviación estándar	0,2	13,6	9,8	0,1	1,5	0,5	0,3	0,5	3,0	14,4	1,8
		CV (%)	3,8	20,0	27,7	24,0	13,8	21,6	9,8	9,5	38,0	30,9	14,3
49598	IM-UG-M1-TE-SB1	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA1	6,1	131,0	47,0	0,7	12,1	2,0	5,2	6,1	2,9	20,7	14,8
49599	IM-UG-M1-TE-SB2	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA2	5,9	142,0	53,0	0,7	11,1	1,7	4,5	6,5	2,4	18,3	13,5
49600	IM-UG-M1-TE-SB3	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA3	5,9	116,0	40,0	0,5	11,1	1,5	3,9	7,4	2,9	24,7	13,1
49601	IM-UG-M1-TE-SB4	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA4	5,9	112,0	44,0	0,4	9,4	1,3	3,8	7,2	3,6	29,7	11,1
49602	IM-UG-M1-TE-SB5	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, TESTIGO, SUBMUESTRA5	5,9	110,0	47,0	0,3	9,9	1,4	3,7	7,1	4,1	33,2	11,6
		Promedio	5,9	122,2	46,2	0,5	10,7	1,6	4,2	6,9	3,2	25,3	12,8
		Desviación estándar	0,1	13,8	4,8	0,2	1,1	0,3	0,6	0,6	0,7	6,2	1,5
		CV (%)	1,4	11,3	10,3	32,9	10,0	17,6	14,9	8,1	20,6	24,4	11,6

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							Ca+Mg/K (meq/100 ml)	Bases (meq/100 ml)
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k			
49603	IM-UG-M1-SC-SB1	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA1	6,1	115,0	41,0	0,6	10,7	1,7	3,7	6,3	3,0	22,1	13,0	
49604	IM-UG-M1-SC-SB2	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA2	5,9	110,0	41,0	0,6	11,2	1,7	3,9	6,6	3,0	23,0	13,4	
49605	IM-UG-M1-SC-SB3	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA3	6,3	97,0	46,0	0,7	11,2	1,7	4,0	6,6	2,5	19,0	13,6	
49606	IM-UG-M1-SC-SB4	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA4	6,0	93,0	43,0	0,4	10,5	1,6	3,5	6,6	3,9	29,5	12,5	
49607	IM-UG-M1-SC-SB5	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRAS	5,9	98,0	39,0	0,4	9,6	1,5	3,6	6,4	3,7	27,1	11,5	
		Promedio	6,0	102,6	42,0	0,5	10,6	1,6	3,7	6,5	3,2	24,1	12,8	
		Desviación estándar	0,1	9,4	2,6	0,1	0,7	0,1	0,2	0,1	0,6	4,2	0,8	
		CV (%)	2,5	9,2	6,3	22,0	6,1	5,5	5,5	2,1	17,2	17,3	6,5	
49608	PI-TA-M1-SC-SB1	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 1	6,3	74,0	41,0	0,5	10,2	1,8	5,9	5,7	3,4	22,6	12,5	
49609	PI-TA-M1-SC-SB2	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 2	6,2	75,0	26,0	0,6	11,6	2,2	5,8	5,3	3,9	24,2	14,4	
49610	PI-TA-M1-SC-SB3	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 3	6,3	69,0	32,0	0,7	9,0	1,6	4,7	5,6	2,4	16,1	11,3	
49611	PI-TA-M1-SC-SB4	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 4	6,1	68,0	41,0	0,7	9,3	1,6	4,5	5,8	2,4	16,5	11,6	
49612	PI-TA-M1-SC-SB5	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 5	6,2	71,0	34,0	0,4	10,0	1,8	5,8	5,6	4,3	28,1	12,2	
		Promedio	6,2	71,4	34,8	0,6	10,0	1,8	5,3	5,6	3,3	21,5	12,4	
		Desviación estándar	0,1	3,0	6,4	0,1	1,0	0,2	0,7	0,2	0,8	5,2	1,2	
		CV (%)	1,1	4,3	18,3	17,7	10,1	13,6	12,7	3,6	25,8	24,0	9,8	

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm			meq/100 ml						
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	□ Bases (meq/100 ml)
49613	PI-TA-M1-TE-SB1	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, TESTIGO, SUBMUESTRA 1	6,3	58,0	28,0	0,6	8,3	1,8	5,4	4,6	3,0	16,6	10,7
49614	PI-TA-M1-TE-SB2	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, TESTIGO, SUBMUESTRA 2	7,2	67,0	47,0	1,2	8,7	1,6	4,6	5,4	1,3	8,4	11,5
49615	PI-TA-M1-TE-SB3	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, TESTIGO, SUBMUESTRA 3	6,3	77,0	41,0	0,6	9,5	1,6	4,8	5,9	2,7	18,8	11,7
49616	PI-TA-M1-TE-SB4	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, TESTIGO, SUBMUESTRA 4	6,3	63,0	23,0	0,6	9,2	1,6	4,8	5,8	2,6	17,4	11,4
49617	PI-TA-M1-TE-SB5	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 1, TESTIGO, SUBMUESTRA 5	6,3	69,0	28,0	0,5	10,9	2,0	6,0	5,5	4,3	27,5	13,4
		Promedio	6,5	66,8	33,4	0,7	9,3	1,7	5,1	5,4	2,8	17,7	11,7
		Desviación estándar	0,4	7,1	10,1	0,3	1,0	0,2	0,6	0,5	1,1	6,8	1,0
		CV (%)	6,0	10,6	30,3	42,6	10,7	10,4	11,3	9,4	38,2	38,3	8,4

Anexo 3. Resultados de Análisis de suelo muestreo finales

Resultados finales de las muestras de suelo en los ensayos de investigación del Proyecto KOPIA-INIAP

Año: 2019

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49725	CH-GO-M2-SD-SB1	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 1	5,9	27,8	18,6	0,4	10,4	3,1	4,2	3,4	7,1	30,8	14,0
49726	CH-GO-M2-SD-SB2	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 2	5,9	13,9	21,7	0,3	11,3	3,3	4,3	3,4	11,3	50,4	14,9
49727	CH-GO-M2-SD-SB3	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 3	5,9	17,5	20,5	0,4	8,8	2,8	4,2	3,2	6,6	27,5	12,0
49728	CH-GO-M2-SD-SB4	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 4	5,6	16,2	23,1	0,7	8,9	3,0	4,0	2,9	4,6	18,1	12,6
49729	CH-GO-M2-SD-SB5	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA DIRECTA, SUBMUESTRA 5	5,9	16,5	26,2	0,3	10,6	3,2	4,3	3,4	9,8	43,1	14,1
		Promedio	5,8	18,4	22,0	0,4	10,0	3,1	4,2	3,3	7,9	34,0	13,5
		Desviación estándar	0,1	5,4	2,9	0,1	1,1	0,2	0,1	0,2	2,7	12,8	1,2
		CV (%)	2,1	29,5	13,0	34,2	11,2	6,1	2,9	6,4	34,1	37,7	8,9
49730	CH-GO-M2-SC-SB1	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 1	6,2	16,5	35,6	0,8	9,9	3,2	3,6	3,1	4,1	16,8	13,9
49731	CH-GO-M2-SC-SB2	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 2	6,0	20,1	23,2	0,0	9,1	3,0	3,9	3,0	9,2	36,6	12,4
49732	CH-GO-M2-SC-SB3	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 3	6,3	24,6	50,9	1,6	10,9	3,8	4,2	2,8	2,4	9,2	16,3
49733	CH-GO-M2-SC-SB4	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 4	5,4	17,5	18,6	0,5	8,6	3,0	3,8	2,9	6,5	25,3	12,1
49734	CH-GO-M2-SC-SB5	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 5	5,8	16,2	28,2	0,6	8,0	3,0	4,0	2,7	5,4	19,8	11,6
		Promedio	5,9	19,0	31,3	0,7	9,3	3,2	3,9	2,9	5,5	21,5	13,3
		Desviación estándar	0,4	3,5	12,6	0,6	1,1	0,4	0,2	0,2	2,6	10,2	1,9
		CV (%)	6,2	18,4	40,4	84,2	12,0	11,1	5,7	6,2	46,3	47,6	14,4

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49735	CH-GO-M2-AB-SB1	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 1	6,0	14,3	16,2	0,7	7,2	3,0	3,5	2,4	4,3	14,7	10,8
49736	CH-GO-M2-AB-SB2	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 2	5,9	11,4	20,5	0,4	8,0	2,9	3,6	2,8	6,6	24,7	11,3
49737	CH-GO-M2-AB-SB3	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 3	6,0	9,7	20,3	0,6	8,2	3,1	3,5	2,6	5,1	18,3	12,0
49738	CH-GO-M2-AB-SB4	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 4	5,9	9,7	16,4	0,7	7,4	2,9	3,5	2,5	4,0	14,1	11,1
49739	CH-GO-M2-AB-SB5	CHIMBORAZO, GONZOL, MUESTRO 2, ABONO VERDE, SUBMUESTRA 5	6,0	11,4	15,4	0,9	9,0	3,3	4,0	2,7	3,7	13,6	13,2
		Promedio	5,9	11,3	17,8	0,7	7,9	3,0	3,6	2,6	4,7	17,1	11,7
		Desviación estándar	0,0	1,8	2,4	0,2	0,7	0,2	0,2	0,1	1,2	4,6	0,9
		CV (%)	0,7	16,4	13,7	24,8	8,8	5,9	6,0	4,9	24,5	27,0	8,1
49740	CH-PU-M2-RC-SB1	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 1	6,7	12,7	9,5	0,6	9,3	3,6	1,9	2,6	6,1	21,9	13,5
49741	CH-PU-M2-RC-SB2	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 2	6,9	20,1	5,8	0,6	8,5	3,5	2,1	2,4	5,6	19,3	12,6
49742	CH-PU-M2-RC-SB3	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 3	6,9	13,0	10,1	0,7	8,3	3,3	2,4	2,5	4,6	16,0	12,4
49743	CH-PU-M2-RC-SB4	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 4	6,8	10,4	6,2	0,6	8,8	3,8	2,3	2,3	6,9	22,8	13,1
49744	CH-PU-M2-RC-SB5	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, ROTACIÓN CULTIVOS, SUBMUESTRA 5	6,7	28,9	8,6	0,6	8,9	3,8	2,3	2,4	6,8	22,9	13,2
		Promedio	6,8	17,0	8,0	0,6	8,7	3,6	2,2	2,4	6,0	20,6	12,9
		Desviación estándar	0,1	7,6	1,9	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	1,0	3,0	0,4
		CV (%)	1,2	44,6	24,2	12,2	4,3	5,3	9,1	4,5	16,0	14,4	3,4

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49745	CH-PU-M2-SC-SB1	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 1	6,7	17,2	16,2	0,7	8,4	3,3	2,2	2,6	4,4	15,8	12,4
49746	CH-PU-M2-SC-SB2	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 2	6,8	22,0	24,6	0,9	8,6	3,2	2,2	2,7	3,8	13,9	12,6
49747	CH-PU-M2-SC-SB3	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 3	6,8	26,2	103,0	0,9	8,7	3,1	2,3	2,8	3,4	13,1	12,7
49748	CH-PU-M2-SC-SB4	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 4	6,8	18,7	21,9	0,7	8,9	3,3	2,5	2,7	4,5	16,9	12,9
49749	CH-PU-M2-SC-SB5	CHIMBORAZO, PUCULPALA, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 5	6,7	18,1	20,5	0,9	9,5	3,6	2,3	2,6	4,2	15,1	14,0
		Promedio	6,8	20,4	37,2	0,8	8,8	3,3	2,3	2,7	4,1	14,9	12,9
		Desviación estándar	0,1	3,7	36,9	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,5	1,5	0,6
		CV (%)	0,9	18,1	99,0	9,9	4,7	6,4	5,3	3,8	11,4	10,1	4,8
49750	IM-FI-M2-TE-SB1	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2 TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA1	5,9	12,0	27,6	0,4	3,9	2,0	2,4	2,0	5,0	14,8	6,3
49751	IM-FI-M2-TE-SB2	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA2	6,2	8,8	34,2	0,4	6,7	2,0	3,5	3,3	5,2	22,3	9,1
49752	IM-FI-M2-TE-SB3	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA3	6,0	6,8	23,1	0,4	4,9	2,5	3,3	2,0	6,9	20,6	7,8
49753	IM-FI-M2-TE-SB4	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA4	6,0	9,1	1,9	0,3	7,7	2,0	2,9	3,9	6,3	30,3	10,0
49754	IM-FI-M2-TE-SB5	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRAS	6,0	11,7	13,3	0,4	7,5	2,2	3,0	3,4	6,1	26,8	10,0
49755	IM-FI-M2-TE-SB6	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA6	6,3	3,3	1,7	0,3	6,3	2,9	2,6	2,1	10,5	33,0	9,5
		Promedio	6,1	7,9	14,8	0,3	6,6	2,3	3,1	2,9	7,0	26,6	9,3
		Desviación estándar	0,1	3,1	14,0	0,0	1,1	0,4	0,4	0,8	2,0	5,2	0,9
		CV (%)	2,3	39,3	94,4	12,5	16,6	16,7	11,5	28,1	29,2	19,5	9,9

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49756	IM-FI-M2-SC-SB1	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA1	5,7	7,8	22,1	0,4	8,4	2,1	2,5	4,1	5,4	27,5	10,8
49757	IM-FI-M2-SC-SB2	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA2	5,8	9,4	17,2	0,4	8,7	2,0	2,9	4,3	5,1	27,3	11,1
49758	IM-FI-M2-SC-SB3	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA3	5,7	9,4	20,5	0,4	5,0	2,0	3,2	2,5	5,3	18,4	7,4
49759	IM-FI-M2-SC-SB4	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA4	5,8	13,5	26,2	0,3	5,5	2,2	2,6	2,5	7,0	24,7	8,0
49760	IM-FI-M2-SC-SB5	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA5	5,9	17,5	24,0	0,4	6,7	2,1	2,5	3,2	5,6	23,1	9,2
49761	IM-FI-M2-SC-SB6	IMBABURA, FINDA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA6	6,0	8,1	13,1	0,3	5,4	2,2	2,4	2,4	7,7	26,4	8,0
		Promedio	5,8	11,6	20,2	0,4	6,2	2,1	2,7	3,0	6,1	24,0	8,7
		Desviación estándar	0,1	3,9	5,2	0,0	1,5	0,1	0,3	0,8	1,2	3,5	1,5
		CV (%)	1,5	33,3	26,0	13,2	23,9	5,1	12,0	27,3	19,0	14,7	16,9
49762	IM-UG-M2-TE-SB1	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA1	6,1	29,1	16,0	0,9	5,1	2,3	4,4	2,2	2,7	8,6	8,2
49763	IM-UG-M2-TE-SB2	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA2	5,7	32,7	20,9	0,5	5,7	1,9	3,6	3,1	3,8	15,5	8,1
49764	IM-UG-M2-TE-SB3	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA3	5,8	24,9	11,3	0,4	7,0	1,8	3,2	3,9	4,3	21,3	9,2
49765	IM-UG-M2-TE-SB4	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA4	5,7	23,9	17,4	0,3	6,1	1,4	3,4	4,3	4,8	25,2	7,9
49766	IM-UG-M2-TE-SB5	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, TESTIGO (TÉCNICA), SUBMUESTRA5	5,7	24,9	18,4	0,4	6,7	1,3	3,1	5,0	3,7	22,2	8,4
		Promedio	5,8	27,1	16,8	0,5	6,1	1,7	3,5	3,7	3,9	18,6	8,3
		Desviación estándar	0,2	3,7	3,6	0,2	0,8	0,4	0,5	1,1	0,8	6,6	0,5
		CV (%)	3,0	13,7	21,2	45,6	12,5	22,4	14,6	29,5	20,1	35,6	6,0

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K (meq/100 ml)	Bases (meq/100 ml)
49767	IMI-UG-M2-SC-SB1	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA1	5,9	23,0	14,2	0,4	4,9	1,6	3,1	3,0	4,1	16,4	6,9
49768	IMI-UG-M2-SC-SB2	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA2	5,9	22,7	10,5	0,5	5,1	1,8	3,2	2,8	3,8	14,4	7,4
49769	IMI-UG-M2-SC-SB3	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA3	6,2	25,6	23,3	0,7	5,8	2,0	3,2	2,9	2,9	11,4	8,5
49770	IMI-UG-M2-SC-SB4	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA4	6,0	22,3	15,8	0,4	6,4	1,7	2,8	3,8	4,5	21,8	8,4
49771	IMI-UG-M2-SC-SB5	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRAS	5,8	28,8	14,0	0,3	7,9	1,5	2,9	5,2	4,5	27,8	9,8
		Promedio	6,0	24,5	15,6	0,5	6,0	1,7	3,0	3,5	4,0	18,3	8,2
		Desviación estándar	0,1	2,7	4,7	0,1	1,2	0,2	0,2	1,0	0,7	6,5	1,1
		CV (%)	2,5	11,2	30,5	30,9	20,1	10,8	6,0	28,2	16,7	35,4	13,5
49772	PI-TA-M2-SC-SB1	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 1	6,1	21,4	15,0	0,5	6,1	2,3	4,6	2,7	4,4	16,2	8,9
49773	PI-TA-M2-SC-SB2	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 2	6,1	29,4	6,4	0,6	4,9	2,1	4,8	2,3	3,8	12,5	7,6
49774	PI-TA-M2-SC-SB3	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 3	6,2	17,5	9,7	0,8	7,4	1,9	4,1	3,9	2,5	12,1	10,1
49775	PI-TA-M2-SC-SB4	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 4	6,0	5,2	27,6	0,6	5,1	1,8	3,5	2,8	3,1	12,0	7,5
49776	PI-TA-M2-SC-SB5	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 5	6,1	8,8	31,7	0,4	6,0	2,1	3,5	2,8	5,1	19,5	8,6
		Promedio	6,1	16,4	18,1	0,6	5,9	2,1	4,1	2,9	3,8	14,5	8,5
		Desviación estándar	0,1	9,7	11,1	0,1	1,0	0,2	0,6	0,6	1,0	3,3	1,1
		CV (%)	1,1	59,1	61,4	22,4	17,0	8,9	14,7	20,1	26,8	22,7	12,6

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm			meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Basas (meq/100 ml)	
49777	PI-TA-M2-TE-SB1	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, TESTIGO, SUBMUESTRA 1	6,1	6,5	25,2	0,5	6,2	2,3	3,6	2,8	4,5	17,0	9,0	
49778	PI-TA-M2-TE-SB2	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, TESTIGO, SUBMUESTRA 2	5,9	5,2	93,7	0,5	5,8	2,0	4,1	2,9	4,4	16,9	8,2	
49779	PI-TA-M2-TE-SB3	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, TESTIGO, SUBMUESTRA 3	6,1	6,5	46,4	0,5	6,7	2,0	3,6	3,3	3,9	16,6	9,3	
49780	PI-TA-M2-TE-SB4	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, TESTIGO, SUBMUESTRA 4	6,0	14,9	25,6	0,3	6,2	2,2	4,1	2,8	6,7	25,6	8,8	
49781	PI-TA-M2-TE-SB5	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, TESTIGO, SUBMUESTRA 5	6,3	18,5	33,5	0,4	7,2	2,2	4,9	3,2	5,6	23,6	9,8	
		Promedio	6,1	10,3	44,9	0,4	6,4	2,1	4,1	3,0	5,0	19,9	9,0	
		Desviación estándar	0,2	6,0	28,6	0,1	0,5	0,1	0,5	0,2	1,1	4,3	0,6	
		CV (%)	2,5	57,7	63,7	18,1	8,3	5,5	13,1	8,0	22,9	21,7	6,5	

CODIGO SUELOS	CODIGO PC	PROVINCIAS	pH	ppm		meq/100 ml							
				NH ₄	P	K	Ca	Mg	% MO	Ca/Mg	Mg/k	Ca+Mg/K	Bases (meq/100 ml)
49767	IMI-UG-M2-SC-SB1	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA1	5,9	23,0	14,2	0,4	4,9	1,6	3,1	3,0	4,1	16,4	6,9
49768	IMI-UG-M2-SC-SB2	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA2	5,9	22,7	10,5	0,5	5,1	1,8	3,2	2,8	3,8	14,4	7,4
49769	IMI-UG-M2-SC-SB3	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA3	6,2	25,6	23,3	0,7	5,8	2,0	3,2	2,9	2,9	11,4	8,5
49770	IMI-UG-M2-SC-SB4	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA4	6,0	22,3	15,8	0,4	6,4	1,7	2,8	3,8	4,5	21,8	8,4
49771	IMI-UG-M2-SC-SB5	IMBABURA, UGSHA, MUESTRA 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRAS	5,8	28,8	14,0	0,3	7,9	1,5	2,9	5,2	4,5	27,8	9,8
		Promedio	6,0	24,5	15,6	0,5	6,0	1,7	3,0	3,5	4,0	18,3	8,2
		Desviación estándar	0,1	2,7	4,7	0,1	1,2	0,2	0,2	1,0	0,7	6,5	1,1
		CV (%)	2,5	11,2	30,5	30,9	20,1	10,8	6,0	28,2	16,7	35,4	13,5
49772	PI-TA-M2-SC-SB1	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 1	6,1	21,4	15,0	0,5	6,1	2,3	4,6	2,7	4,4	16,2	8,9
49773	PI-TA-M2-SC-SB2	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 2	6,1	29,4	6,4	0,6	4,9	2,1	4,8	2,3	3,8	12,5	7,6
49774	PI-TA-M2-SC-SB3	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 3	6,2	17,5	9,7	0,8	7,4	1,9	4,1	3,9	2,5	12,1	10,1
49775	PI-TA-M2-SC-SB4	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 4	6,0	5,2	27,6	0,6	5,1	1,8	3,5	2,8	3,1	12,0	7,5
49776	PI-TA-M2-SC-SB5	PICHINCHA, TAMBO, MUESTRO 2, SIEMBRA CONVENCIONAL, SUBMUESTRA 5	6,1	8,8	31,7	0,4	6,0	2,1	3,5	2,8	5,1	19,5	8,6
		Promedio	6,1	16,4	18,1	0,6	5,9	2,1	4,1	2,9	3,8	14,5	8,5
		Desviación estándar	0,1	9,7	11,1	0,1	1,0	0,2	0,6	0,6	1,0	3,3	1,1
		CV (%)	1,1	59,1	61,4	22,4	17,0	8,9	14,7	20,1	26,8	22,7	12,6

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

- Luis Ponce Molina
- Diego Campaña
- Patricio Noroña
- Javier Garófalo

2020



ISBN: 978-9942-22-495-8



9 789942 224958

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
Av. Eloy Alfaro N30-350 y Amazonas, Quito - Ecuador
Teléfono: 593-2- 256 7645
Correo electrónico: iniap.@iniap.gob.ec www.iniap.gob.ec