



ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

# EN CEREALES

**AÑO 2020**



**BOLETÍN TÉCNICO**  
**N° 181**

Septiembre 2021



# Actividades de Investigación en Cereales

## Año 2020

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



**Boletín Técnico No. 181**

Programa de Cereales - Estación Experimental Santa Catalina

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

**Mejía – Pichincha – Ecuador**

**Septiembre 2021**

**Departamento o Programa, Estación:**

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

**Responsable del Programa y Equipo Técnico Multidisciplinario I+D:**

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

**Socios Estratégicos para Investigación:**

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

**Revisores Comité Publicaciones:**

Ing. Karla Tinoco, Director Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.  
PhD. José Luis Zambrano, Investigador Principal Programa de Maíz, EESC, INIAP.  
Dra. María Insuasti, Responsable Departamento Protección Vegetal, EESC, INIAP.  
Ing. Andrés Araujo, Técnico Departamento Producción de Semillas, EESC, INIAP.

**Revisores Externos:**

Dr. Chang Hwan Park, Director Centro KOPIA-Ecuador.  
Dr. Kang Jin Cho, Director Centro KOPIA-Ecuador (hasta marzo del 2021).  
Ing. Alicia Villavicencio, Técnico Centro KOPIA-Ecuador.

**Año de publicación:** 2021

**Diseño y diagramación:**

Imprenta IdeaZ, Quito-Ecuador

**Como citar esta publicación:**

Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Noroña, P., y Campaña, D. (2021). Actividades de Investigación en Cereales Año 2020. Boletín Técnico No. 181. INIAP. Quito, Ecuador. 74 p.

**ISBN Impreso:** 978-9942-22-542-9

**ISBN Digital:** 978-9942-22-543-6

# Prólogo

El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es el organismo encargado de generar, desarrollar y adaptar tecnologías para la producción sostenible de cereales en el Ecuador.

Bajo este mandato, el Programa de Cereales evalúa anualmente 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 y con características deseables de productividad ( $\geq 3 \text{ t ha}^{-1}$ ), resistentes a las principales enfermedades (royas, virus, fusarium, escaldadura, carbón) y con características de calidad. Entre los principales métodos de mejoramiento empleados por el Programa de Cereales para la generación de germoplasma mejorado están los cruzamientos y/o hibridaciones, retrocruzamientos, introducciones y mutaciones inducidas; que combinadas con las técnicas de selección de pedigree, masal, combinada y descendencia de una sola semilla, han permitido la generación y liberación de dieciocho nuevas variedades mejoradas de trigo, catorce de cebada, seis de avena y dos de triticale. Estas variedades mejoradas han sido generadas a través de procesos tradicionales y participativos, facilitando su adopción por parte de los productores cerealeros de la Sierra ecuatoriana, enriqueciendo su carpeta de variedades, así como la productividad de estos rubros y los ingresos del agricultor y su familia, contribuyendo de esta manera con el desarrollo del país.

En este documento se describen las actividades de investigación desarrolladas durante el año 2020 tanto en los campos experimentales de la EESC del INIAP y en campos de agricultores. Las actividades de investigación cuentan con financiamiento del Gobierno Nacional del Ecuador, el Programa Koreano de Agricultura Internacional (KOPIA) y la Administración de Desarrollo Rural de Korea (RDA), 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, Chimborazo y Bolívar.

La investigación es un proceso continuo y metódico, en tal virtud, creemos importante difundir los resultados alcanzados de las actividades que se desarrollan anualmente en el Programa de Cereales de la EESC del INIAP, los cuales pueden servir de guía para profesionales y estudiantes del área agrícola, y de conocimiento general para toda la población.



# Contenido

	Página
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	7
<b>Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) y cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.) con prácticas de conservación del suelo en la Sierra del Ecuador</b> .....	7
Resumen.....	7
Summary.....	8
1. ANTECEDENTES.....	8
2. OBJETIVOS.....	9
3. METODOLOGÍA.....	9
4. RESULTADOS.....	11
5. CONCLUSIONES.....	21
6. RECOMENDACIONES.....	21
7. REFERENCIAS.....	21
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	23
<b>Evaluación de rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)</b> .....	23
Resumen.....	23
Summary.....	23
1. ANTECEDENTES.....	24
2. OBJETIVOS.....	25
3. METODOLOGÍA.....	25
4. RESULTADOS.....	27
5. CONCLUSIONES.....	33
6. RECOMENDACIONES.....	33
7. REFERENCIAS.....	33
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	34
<b>Desarrollo y selección de poblaciones segregantes de cebada (<i>Hordeum vulgare</i> L.)</b> .....	34
Resumen.....	34
Summary.....	34
1. ANTECEDENTES.....	35
2. OBJETIVOS.....	35
3. METODOLOGÍA.....	36
4. RESULTADOS.....	36
5. CONCLUSIONES.....	36
6. RECOMENDACIONES.....	37
7. REFERENCIAS.....	37
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	38
<b>Evaluación de rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)</b> .....	38
Resumen.....	38
Summary.....	39
1. ANTECEDENTES.....	39
2. OBJETIVOS.....	40
3. METODOLOGÍA.....	40
4. RESULTADOS.....	42
5. CONCLUSIONES.....	46
6. RECOMENDACIONES.....	46
7. REFERENCIAS.....	46
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	48
<b>Avances generacionales de diferentes poblaciones segregantes de trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.)</b> .....	48
Resumen.....	48

Summary .....	48
1. ANTECEDENTES.....	49
2. OBJETIVOS .....	49
3. METODOLOGÍA.....	49
4. RESULTADOS.....	50
5. CONCLUSIONES.....	50
6. RECOMENDACIONES .....	50
7. REFERENCIAS .....	50
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
<b>Evaluación del rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de avena (<i>Avena sativa</i> L.)</b> .....	<b>51</b>
Resumen .....	51
Summary .....	51
1. ANTECEDENTES.....	52
2. OBJETIVOS .....	53
3. METODOLOGÍA.....	53
4. RESULTADOS.....	54
5. CONCLUSIONES.....	55
6. RECOMENDACIONES .....	56
7. REFERENCIAS .....	56
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>57</b>
<b>Evaluación del rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de triticale (<i>X Triticosecale</i> Wittmack)</b> .....	<b>57</b>
Resumen .....	57
Summary .....	57
1. ANTECEDENTES.....	58
2. OBJETIVOS .....	59
3. METODOLOGÍA.....	59
4. RESULTADOS.....	60
5. CONCLUSIONES.....	61
6. RECOMENDACIONES .....	62
7. REFERENCIAS .....	62
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>63</b>
<b>Evaluación y monitoreo de líneas diferenciales de cereales</b> .....	<b>63</b>
Resumen .....	63
Summary .....	63
1. ANTECEDENTES.....	64
2. OBJETIVOS .....	64
3. METODOLOGÍA.....	64
4. RESULTADOS.....	64
5. CONCLUSIONES.....	66
6. RECOMENDACIONES .....	67
7. REFERENCIAS .....	67
<b>ANEXOS</b> .....	<b>69</b>

# 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, Año 2020”

**(Development of crop cultivation techniques for sustainable production of wheat and barley with soil conservation practices in Ecuador Highland, year 2020)**

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>1</sup>,  
María Nieto<sup>2</sup>, Cesar Asaquibay<sup>2</sup>, Verónica Quimbiamba<sup>3</sup>, Ricardo Álvarez<sup>3</sup>,  
Fausto Yumisaca<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

<sup>2</sup> Técnico de las Unidades de Desarrollo Tecnológico del INIAP

<sup>3</sup> Técnico del Centro KOPIA-Ecuador

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

### Resumen

En Ecuador el trigo y la cebada son considerados cultivos de minifundio porque la mayoría de los productores que los cultivan 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. Entre los principales problemas que limitan la producción de estos cereales se encuentran la erosión del suelo, la baja fertilidad y problemas de pH, los cuales, acompañados de un mal manejo del cultivo, agudizan el tema de productividad a nivel nacional. Es por ello, que INIAP y el Centro KOPIA-Ecuador, se encuentran ejecutando el proyecto “Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo y cebada con prácticas de conservación del suelo en la Sierra del Ecuador” cuyo principal objetivo es recuperar el suelo a través de la implementación de técnicas de conservación como la rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes y labranza mínima. Como meta del proyecto se busca recuperar el recurso suelo e incrementar la productividad en los cereales, mejorando así el nivel de vida de los productores que dependen de estos rubros. Durante el segundo año del proyecto, año 2020, se implementaron parcelas de investigación en las cuatro provincias que interviene el proyecto (Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar) alcanzando una superficie de 8,56 ha. A la par, se sembraron 11,10 ha para la producción de semilla, ya que uno de los componentes para mejorar la producción es el uso de semilla de calidad. En total se produjo 14270 kg de semilla en ensayos de investigación y 17040 kg en lotes de multiplicación. Durante el año 2020 se realizó un evento de difusión por provincia donde se presentó los resultados del primer año y se realizó la entrega de equipos donados por el proyecto, según las necesidades de cada organización. Adicionalmente se publicó dos documentos técnicos, el primero sobre el cultivo de cebada y las variedades liberadas; y

el segundo sobre las actividades de investigación en el año 2019. Los agricultores siguen mostraron interés en la necesidad de recuperar y mantener el recurso suelo.

*Palabras clave:* cebada y trigo, productividad, técnicas de conservación de suelos.

## Summary

In Ecuador, wheat and barley are considered smallholding crops, because most of the producers who grow them, do it on areas of no more than one hectare, and like these are the main source of food for the subsistence farmers, they are considered food safety products. Among the main problems that limit the production of these cereals are soil erosion, low fertility and pH problems, which, accompanied by poor crop management, exacerbate the issue of productivity at national level. That's why INIAP and the KOPIA-Ecuador Center, are implementing the project "Development of cultivation techniques for the sustainable production of wheat and barley with soil conservation practices in the Highlands of Ecuador" whose main objective is recover the soil through the implementation of conservation techniques such as crop rotation, incorporation of green fertilizers and minimum tillage. As a main goal the project searches to recover soil resources and increase productivity in cereals, improving the standard of living of producers who depend on these crops. During the second year of the project, 2020, research plots were implemented in the four provinces involved in the project (Imbabura, Pichincha, Chimborazo and Bolívar) reaching an area of 8.56 ha. At the same time, 11.10 ha were sown for seed production, because one of the components to improve production is the use of quality seed. A total of 14270 kg of seed was produced in research trials and 17040 kg in multiplication fields. During 2020 one dissemination event per province was made, where the results of the first year were presented and the delivery of equipment donated by the project was carried out, according to the needs of each organization. In addition, two technical documents were published, the first about barley crop and the released varieties; and the second about the research activities development in 2019. Farmers continue showing interest in the need to recover and maintain the soil resource.

*Keywords:* barley and wheat, productivity, soil conservation technics.

## 1. ANTECEDENTES

El trigo (*Triticum aestivum* L.) y la cebada (*Hordeum vulgare* L.) constituyen los cereales más utilizados por los pequeños productores de la Sierra ecuatoriana, como fuente importante de calorías. Cabe señalar que la producción nacional de trigo representa el 1% del producto comercializado al interior, entre tanto, que la producción nacional de cebada cubre casi toda la demanda para consumo humano interno.

Según las estadísticas presentadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador se estima que un 70 % de agricultores de la Sierra alto andina que se dedican a los cultivos de trigo y cebada lo hacen en una superficie menor a 1 ha (8 300 m<sup>2</sup>); aún en fincas de 10 a 20 hectáreas dedican solo 1 o 2 hectáreas para la siembra de estos cultivos (INEC-MAG-SICA, 2002), por lo tanto se tratan de cultivos de minifundio y/o subsistencia; pero que 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).

Las tierras de las zonas altas de la Sierra ecuatoriana donde se cultivan cereales se caracterizan por tener suelos erosionados, con baja fertilidad y con problemas de acidez,

los cuáles provocan directamente una disminución en los rendimientos de los estos cultivos (Rivadeneira, 1995). Esto se evidencia con los rendimientos de los cereales a nivel nacional los cuales alcanzan en promedio  $1,4 \text{ t ha}^{-1}$ , en comparación con los rendimientos obtenidos en países vecinos que superan las  $2 \text{ t ha}^{-1}$  (FAO, 2019).

Varios estudios revelan pérdidas de entre 200 a 500 toneladas de tierra por hectárea por año, considerados por la FAO como procesos erosivos muy altos (FAO, sf), y que en la región interandina afectan a un 50% de la superficie cultivada. Dichos procesos erosivos se incrementan por los efectos del viento y las precipitaciones, así como por las pendientes de los terrenos y el impacto del hombre por las actividades agrícolas.

El INIAP, a través del Departamento de Manejo de Suelos y Agua, ha desarrollado varias tecnologías de conservación de suelos, entre ellas, la siembra en terrazas, zanjas de desviación de agua, caminos de agua, barreras vivas, entre otras. Por otra parte, el Programa de Cereales ha desarrollado tecnologías para la producción sostenible de cereales en las diferentes zonas del país.

En el año 2019 el Centro KOPIA – Ecuador y el INIAP, a través del Programa de Cereales, inició este proyecto en tres provincias de la Sierra ecuatoriana: Imbabura, Pichincha y Chimborazo. Para el año 2020, se continúa con la ejecución del proyecto, ampliándose a la provincia de Bolívar.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. 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.

### 2.2. Objetivos específicos

- Involucrar a grupos de agricultores en la conservación del suelo y buenas prácticas agrícolas, ciclo 2020.
- Implementar parcelas de investigación con tres prácticas de conservación de suelo, ciclo 2020.
- Evaluar el desarrollo agronómico de cereales y analizar las prácticas de conservación del suelo, ciclo 2020.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Materiales

*Siembra de parcelas de investigación y/o demostrativas y lotes comerciales:* Semilla de cebada variedad INIAP-Cañicapa 2003 y de trigo variedad INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014, sembradora de siembra directa, fertilizantes edáficos (15-30-15-2, urea), cal agrícola, cementina, baldes plásticos, azadones, rastrillos.

*Mantenimiento de parcelas de investigación y/o demostrativas y lotes comerciales:* Fertilizantes (urea), herbicidas (glifosato y 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.

### **3.2. Métodos**

*Selección de lotes:* Para el ciclo 2020 se utilizaron los mismos lotes empleados en el ciclo 2019, en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo, y por sugerencia del Foro Consultivo se incluyó la provincia de Bolívar donde se seleccionaron nuevos lotes con características como: buen drenaje y buena fertilidad. 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 15%. 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:* El terreno se preparó con un mes de antelación con la finalidad de controlar las malezas. En la preparación del terreno se utilizó un pase de arado y dos pases de rastra. Mientras que para los lotes de siembra directa se realizó la aplicación de herbicida para el control químico de las malezas.

*Sistema de siembra:* Para la técnica de siembra directa o labranza mínima se empleó una sembradora; entre tanto, que la siembra convencional o “al voleo” se utilizó en las parcelas de investigación de abono verde y rotación, así como para los lotes de multiplicación de semillas. La densidad de siembra fue de 180 kg ha<sup>-1</sup> (Trigo) y 150 kg ha<sup>-1</sup> (Cebada). Previamente, la semilla se desinfectó con Fludioxil en dosis de 2 cc kg<sup>-1</sup> semilla.

*Fertilización:* La cantidad de fertilizante químico a la siembra y la fertilización nitrogenada complementaria se realizó con base al análisis de suelo y a la demanda del cultivo, así: 80 kg de Nitrógeno, 60 kg de Fósforo, 40 kg de Potasio y 20 kg de Azufre. Todo el P, K, S y el 20% de N se aplicó en la siembra. El 80% del N se aplicó en la fase fenológica Z22 (brote principal y dos macollos).

*Época de siembra:* La siembra se realizó al inicio de las épocas lluviosas de noviembre-enero en la Provincia de Chimborazo y febrero-abril en la provincia de Imbabura, Bolívar y Pichincha.

*Control de malezas:* El control de malezas se realizó utilizando el herbicida post-emergente (metsulfurón-methyl) específico para controlar malezas de hoja ancha. La aplicación se realizó al inicio del macollamiento usando una dosis de 15 g ha<sup>-1</sup>.

*Control de enfermedades:* Durante el ciclo del cultivo se realizó controles de enfermedades. Para el control de roya amarilla y roya de la hoja, se utilizó propiconazole en dosis de 2 cc l<sup>-1</sup>.

*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 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 y el análisis nutricional del tejido de la hoja recolectado en diferentes etapas del desarrollo del cultivo. Las muestras de suelo

y tejido foliar 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 prácticas agrícolas implementadas se realizó mediante muestreos de suelo para determinar las características físicas (MO) y químicas (pH, macro y microelementos) antes y después de la técnica de conservación implementada, para verificar los incrementos y/o cambios en las condiciones físicas y químicas del suelo. Esta metodología permitirá lograr y determinar el efecto de las técnicas de conservación de una manera más práctica y eficiente.

*Cosecha:* La cosecha se realizó en 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 trillo cada tratamiento con una trilladora estacionaria para evitar la mezcla de los tratamientos. El grano cosechado se almacenó en bolsas de tela con su respectiva identificación.

*Post cosecha:* El material colectado se colocó en los invernaderos del Programa de Cereales para secar el grano y que la humedad sea de alrededor del 13%. Una vez seco se lo limpió de impurezas y se lo almacenó.

*Capacitación:* Se organizó una capacitación virtual para los técnicos de las Unidades de Desarrollo Tecnológico del INIAP que participan en el proyecto.

*Día de Campo:* Los días de campo se realizaron en cada localidad para dar a conocer los resultados del proyecto. Se entregó material divulgativo a los participantes.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Socialización y consecución de lotes en zonas productoras de cereales en la provincia de Bolívar.

Durante el mes de enero del 2020, el personal técnico del Programa de Cereales y Kopia, realizaron un recorrido por zonas cerealeras de la provincia de Bolívar, para socializar con los agricultores el proyecto y conseguir lotes aptos para implementar las parcelas de investigación y lotes de multiplicación de semilla (Figura 1). Se consiguieron cinco nuevas localidades, con un total de 41 socios que intervendrán en el proyecto.

**Figura 1**

*Socialización del proyecto y consecución de lotes en la Provincia de Bolívar*



Fuente: Programa de Cereales

## 4.2. Siembra de parcelas de investigación y / o demostración práctica en las Provincias de Chimborazo, Imbabura, Pichincha y Bolívar

En el año 2020, por sugerencia de los asistentes del Foro Consultivo del año anterior, se incluyó dentro del proyecto a la Provincia de Bolívar. En tal virtud, durante este ciclo agrícola se implementaron un total de 9 parcelas de investigación y 13 lotes de multiplicación de semilla con una superficie total de 19,66 ha, en 4 provincias: Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar, (Tabla 1).

**Tabla 1**

*Parcelas de investigación implementadas por el Proyecto KOPIA - Cereales año 2020*

Provincia	Localidad	Parroquia	Cantón	Tipo de ensayo	Área Total (ha)	Técnica de Conservación	Área Parcela (ha)	Cultivo						
Imbabura	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	San Pablo del Lago	Otavalo	Investigación	0,60	Siembra Convencional	0,30	Cebada						
						Abono verde Rotación	0,15	Vicia+avena Chocho						
				Investigación	1,00	Siembra Convencional	0,50	Cebada						
						Abono verde	0,50	Vicia+avena						
Chimborazo	El Abra	La Esperanza	Ibarra	Multiplicación	1,00	Convencional	1,00	Cebada						
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	Aloasí	Mejía	Investigación	1,50	Abono verde	0,5	Vicia+avena						
						Siembra Convencional	0,5	Cebada						
						Rotación	0,5	Quinua						
						Siembra directa	0,25	Cebada						
Chimborazo	Hcda. Aibonito, Cochasquí	Tocachí	Pedro Moncayo	Investigación	1,00	Siembra Convencional	0,25	Cebada						
						Abono verde	0,25	Vicia+avena						
						Rotación	0,25	Cebada						
						Siembra directa	0,50	Trigo						
Chimborazo	Chilcapamba Corpogonzol	Gonzol	Chunchi	Investigación	1,30	Siembra Convencional	0,50	Trigo						
						Abono verde	0,30	Vicia+avena						
						Siembra directa	0,15	Trigo						
						Abono verde	0,35	Vicia+avena						
				Multiplicación	1,70	Siembra Convencional	0,60	Trigo						
						Rotación	0,60	Arveja						
						Convencional	0,50	Trigo						
						Convencional	2,00	Cebada						
Bolívar	Asociación Puculpala	Quimiag	Riobamba	Investigación	0,80	Siembra Convencional	0,25	Cebada						
						Abono verde Rotación	0,25	Vicia+avena Chocho						
				Multiplicación	1,00	Convencional	0,80	Cebada						
						Convencional	1,00	Trigo						
Bolívar	Pantaño	Tunshi	Riobamba	Multiplicación	2,00	Convencional	2,00	Cebada						
						Investigación	0,35	Siembra Convencional	0,18	Trigo				
								Abono verde	0,18	Vicia+avena				
						Multiplicación	0,50	Convencional	0,50	Trigo				
								Convencional	0,50	Trigo				
						Bolívar	Tanizahua	La Asunción	Chimbo	Investigación	0,31	Siembra Convencional	0,16	Trigo
												Abono verde	0,16	Vicia+avena
												Multiplicación	0,50	Cebada
Multiplicación	0,50	Trigo												
Bolívar	Tiupitán	Guanujo	Guaranda	Multiplicación	0,50	Convencional	0,50	Cebada						
						Convencional	0,50	Trigo						
Bolívar	El Liaca	La Asunción	Chimbo	Multiplicación	0,50	Convencional	0,50	Trigo						
						Convencional	0,50	Trigo						
Bolívar	Undushi	San Lorenzo	Guaranda	Multiplicación	0,50	Convencional	0,50	Trigo						
						Convencional	0,50	Trigo						
Bolívar	Tingo	La Asunción	Chimbo	Multiplicación	0,30	Convencional	0,30	Trigo						
						Convencional	0,30	Trigo						
Total					19,66		19,66							

La superficie total de ensayos de investigación implementados fue de 8,56 ha y de lotes de multiplicación fue de 11,10 ha, entre cultivo de trigo y cebada de las variedades mejoradas del INIAP, como INIAP-Vivar 2010 para trigo e INIAP-Cañicapa 2003 y línea promisorio CM-09-003, para cebada (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Área de las parcelas de investigación y multiplicación implementadas por el Proyecto Kopia - Cereales año 2020*

Tipo de parcela	Área (ha)
Investigación	8,56
Multiplicación	11,10
<b>Total</b>	<b>19,66</b>

Dentro de las técnicas de conservación, se implementaron de siembra directa 0,90 ha (trigo y cebada), de abono verde 2,63 ha (avena+vicia) y de rotación de cultivos 1,80 ha (arveja, chocho y quinua) (Tabla 3) (Figura 2).

**Tabla 3**

*Área de Técnicas de Conservación de Suelos implementada por el Proyecto Kopia - Cereales año 2020*

Técnica de conservación de Suelo	Area (ha)
Siembra directa	0,90
Cultivo convencional	3,23
Abono verde	2,63
Rotacion de cultivos	1,80
<b>TOTAL</b>	<b>8,56</b>

**Figura 2**

*Siembra de ensayos de investigación y lotes de multiplicación de semilla junto a los agricultores de las diferentes comunidades*



Fuente: Programa de Cereales

### 4.3. Mantenimiento y seguimiento de parcelas de investigación y / o demostración (año 2).

Durante el ciclo 2020, en las comunidades participantes del proyecto se entregó 1892 kilogramos de semilla de cebada, trigo, avena + vicia, chocho, arveja y quinua (Tabla 4). La semilla fue utilizada para la implementación de ensayos de investigación y lotes de multiplicación de semilla (Figura 3).

**Tabla 4**

*Cantidad de semilla entregada en las diferentes comunidades*

Provincia	Localidades	Cantidad semilla (kg)							
		Cebada		Trigo	Avena	Vicia	Chocho	Arveja	Quinua
		CM-09-003	INIAP-Cañicapa 2003	INIAP-Vivar 2010	INIAP-82	Criolla	INIAP-Andino 450	Local	INIAP-Tunkahuan
Imbabura	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	90	135		40	36	7		
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	90			32	18		7	
	Hcda Aibonito Cochasqui	90			32	18			
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)			270	64	36		135	
	Puculpala	90		90	32	18	7		
Bolívar	Churubamba			113	16	9			
	Pimbulo			68					
	Tanizahua			23	16	9			
	Tiupitian		100						
	Tingo			23					
	Undushí			90					
	El Liaca			90					
<b>Total x Especie</b>		<b>360</b>	<b>235</b>	<b>765</b>	<b>232</b>	<b>144</b>	<b>14</b>	<b>135</b>	<b>7</b>
<b>Total</b>					<b>1892</b>				

**Figura 3**

*Entrega de semilla e insumos a agricultores para la implementación de parcelas de investigación y lotes de multiplicación de semilla*



Fuente: Programa de Cereales

Adicionalmente, en las localidades participantes, se realizó el seguimiento y mantenimiento de los ensayos de investigación y lotes de multiplicación. Los seguimientos y mantenimientos en las provincias de Imbabura, Chimborazo y Bolívar lo realizaron los técnicos de las Unidades de Desarrollo Tecnológico del INIAP, con la coordinación y supervisión de los técnicos del Programa de Cereales. Hasta el momento se han entregado 2950 kg de fertilizante compuesto (18-46-0, K+Mg, Muriato de potasio y Sulpomag), 850 kg de Urea, 11 galones de herbicida preemergente, 105 g de herbicida post-emergente y 1 kg de fertilizante foliar (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Cantidad de suministros agrícolas entregados en las diferentes comunidades*

Provincia	Localidad	Fertilizante Compuesto (kg)	Urea (kg)	Herbicida Glifosato (l)	Herbicida Metsul (g)	Fertilizante Foliar (kg)
Imbabura	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	350		2		
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	450	150		15	1
	Hcda Aibonito Cochasqui	300		2		
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	900	450	4	75	
	Puculpala	300	150	3		
Bolívar	Churubamba	250				
	Pimbulo	125				
	Tanizahua	25	50			
	Tiupitian	200	50		15	
	Tingo	50				
	Undushí					
	El Liaca					
<b>Total</b>		<b>2950</b>	<b>850</b>	<b>11</b>	<b>105</b>	<b>1</b>

#### 4.4. Análisis de muestras de suelo y tejido foliar (año 2).

En las parcelas de investigación con las diferentes técnicas de conservación de suelos, durante el ciclo 2020 se tomaron 70 muestras foliares y 41 muestras de suelo (Tabla 6), para determinar las propiedades físico-químicas del suelo y cantidad de materia verde, materia seca y contenidos nutricionales, respectivamente.

**Tabla 6***Cantidad de muestras de suelo y tejido verde realizadas en las diferentes comunidades*

Provincia	Muestra	
	Suelo	tejido
Imbabura	6	15
Pichincha	15	8
Chimborazo	2	33
Bolívar	18	14
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>70</b>

## 4.5. Análisis de resultados y preparación del informe técnico (año 2)

### 4.5.1. Incorporación de abono verde

En las parcelas de técnicas de conservación de suelo con abono verde, se determinó la cantidad de materia verde (MV), tomando tres muestras al azar con un cuadrante de 1 m<sup>2</sup>, cuando el cultivo de avena-vicia alcanzó el 10% de floración. En total en las 9 parcelas implementadas se produjeron e incorporaron 117609 kg MV (Figura ), que sirvieron como materia orgánica para el suelo (Tabla 7).

**Tabla 7***Producción de materia verde (MV) y materia seca (MS) en los ensayos de técnicas de conservación del suelo con abono verde, 2020*

Provincia	Localidad	Parroquia	Cantón	Area Plantada (ha)	kg MV Parcela	kg MS Pracela
Imbabura	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	San Pablo del Lago	Otavalo	0,15	7575	1631
				0,50	23500	5060
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	Aloasí	Mejía	0,5	18485	6638
	Hcda. Aibonito, Cochasquí	Tocachí	Pedro Moncayo	0,25	4160	1415
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	Gonzol	Chunchi	0,30	16700	5789
				0,35	19950	5979
	Asociación Puculpala	Quimiag	Riobamba	0,25	11333	3650
Bolívar	Churubamba	La Asunción	Chimbo	0,18	9654	2640
	Tanizahua	La Asunción	Chimbo	0,16	6252	1320
<b>Total</b>				<b>2,63</b>	<b>117609</b>	<b>34121</b>

**Figura 4**

*Incorporación de materia verde (MV) en las parcelas de técnicas de conservación de suelo con abono verde, en diferentes localidades*



Fuente: Programa de Cereales

#### 4.5.2. Rendimiento de grano

En los resultados preliminares en el ciclo 2020, en las parcelas de investigación con las técnicas de conservación de suelo, en la siembra convencional comparada con labranza cero, en el cultivo de trigo, se observó un incremento en el rendimiento. En el lote con dos años de labranza cero, se observó un incremento del 50,8%, por su parte, en la parcela con un año de labranza cero, se observó un incremento del rendimiento del 8.3% (Tabla 8).

**Tabla 8**

*Incremento de rendimiento entre dos técnicas de conservación implementadas en la provincia de Chimborazo, 2020*

Localidad	No. Años Labranza Cero	Rendimiento grano kg ha <sup>-1</sup>		Incremento	%
		Técnica conservación			
		Convencional	Labranza Cero		
Gonzol	2	3701,7	5583,3	1881,7	50,8
Gonzol	1	3766,7	4078,3	311,7	8,3

Con base a los análisis de suelos recolectados de las parcelas de investigación implementadas en las diferentes provincias (Anexo 3), en el año 2 del proyecto en las parcelas de abono verde se pudo observar que el pH del suelo en forma general se mantuvo, por otra parte, se observó un incremento en la fertilidad del suelo y en el contenido de materia orgánica (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Comparación del pH, N, P, K y MO% entre muestreo inicial y final en parcelas donde se incorporó los abonos verdes*

Muestreo	pH	ppm			MO %
		N	P	K	
<b>Tanizahua, Bolívar</b>					
Inicial	7,1	49,7	11,0	1,7	1,5
Final	6,9	40,0	28,7	2,1	2,4
<b>Churubamba, Bolívar</b>					
Inicial	6,6	45,3	14,3	0,8	1,6
Final	6,9	68,3	22,7	1,0	2,4

Por otra parte, la Tabla 10 muestra los rendimientos globales alcanzados tanto en las parcelas de investigación como en los lotes de multiplicación de semillas en las diferentes localidades que intervienen en el proyecto. Es así que de los lotes de investigación se produjo un total de 14270 kg de semilla, mientras que de los lotes de multiplicación implementados se obtuvieron 17040 kg de semilla; la cuál fue entregada a los productores intervinientes en el proyecto para que cuenten con semilla de calidad.

**Tabla 10**

*Rendimientos obtenidos en ensayos de investigación y lotes de multiplicación de semilla, ciclo 2020*

Provincia	Localidad	Parroquia	Cantón	Rendimiento Investigación (kg)	Rendimiento Multiplicación (kg)
<b>Imbabura</b>	Finda/Asociación El Abra	Esperanza	Ibarra	2250	--
	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	San Pablo del Lago	Otavalo	1320	1800
<b>Pichincha</b>	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	Aloasí	Mejía	3100	--
	Hcda Aibonito Cochasqui	Pecro Moncayo	Tabacundo	2200	6000
<b>Chimborazo</b>	Chilcapamba (Corpogonzol)	Gonzol	Chunchi	3300	2800
	Puculpala	Quimiag	Riobamba	300	--
<b>Bolívar</b>	Varios	La Asunción	Guaranda	1800	6440
<b>Total</b>				<b>14270</b>	<b>17040</b>

#### 4.6. Capacitación a técnicos de transferencia del INIAP, año 2020

La capacitación titulada “Tecnologías de la Producción de Cereales” se realizó a través de la plataforma Zoom, en la que participaron técnicos de las Unidades de Desarrollo Tecnológico de Imbabura, Chimborazo y Cotopaxi; y técnicos del Programa de Cereales de la Estación Experimental del Austro (EEA). Adicionalmente participaron técnicos del MAG-Pichincha. La capacitación fue dictada por el Programa de Cereales y el Departamento de Producción de Semillas de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), con una duración de 4 horas y la participación de 16 personas.

Los temas principales que se trataron fueron:

- Técnicas de Producción
- Sistema formal de producción de semilla
- Selección del terreno
- Enmiendas
- Preparación del suelo
- Siembra y densidad de siembra
- Fertilización
- Control de malezas
- Control fitosanitario
- Cosecha
- Post-cosecha y beneficio de la semilla
- Parámetros de calidad industrial

#### Figura 5

Presentación vía zoom sobre Tecnologías de Producción de Cereales





Fuente: Programa de Cereales

#### 4.7. Difusión de resultados (días de campo), año 2020

En los meses de noviembre y diciembre se realizaron seis reuniones con grupos de agricultores en las cuatro provincias que interviene el proyecto. El objetivo de las reuniones fue presentar los resultados preliminares del proyecto y la entrega de equipos para ser utilizados en las actividades que realizan los agricultores dentro del proyecto (Tabla 11). El número de participantes fue de 105 personas en las cuatro provincias (Fotografía 5).

**Tabla 11**

*Equipos y materiales entregados a las diferentes localidades que participan en el proyecto en las diferentes provincias, 2020*

Provincia	Localidad	Equipo	Otros
Imbabura	Ugsha/Asociación Plaza Pallares	Arreglo Clasificadora de Granos	---
Pichincha	Asociación Intercultural de Trabajadores El Tambo	Bomba Fumigadora a Motor	---
Chimborazo	Chilcapamba (Corpogonzol)	Arreglo Sistema Eléctrico	---
	Puculpala	Tractor Agrícola	---
	Churubamba	Bomba Estacionaria a Motor	---
Bolívar	Pimbulo	Bomba de Fumigar	Traje de Protección, Azadones y Rastrillos
	Tanizahua	Bomba de Fumigar	Traje de Protección
	Tiupitán	Bomba de Fumigar	Traje de Protección, Azadones y Rastrillos
	Tingo	Bomba de Fumigar	Traje de Protección
	Undushí	Bomba de Fumigar	Traje de Protección
	El Liaca	Bomba de Fumigar	Traje de Protección

**Figura 6**

*Entrega de equipos y materiales a diferentes organizaciones pertenecientes al proyecto, 2020*



Fuente: Programa de Cereales

## 5. CONCLUSIONES

Durante el año 2020 se incluyó en el proyecto a la provincia de Bolívar, ampliándose el área de intervención y los beneficiarios del proyecto. Por otra parte, se entregaron equipos para que los productores mejoren el manejo del cultivo. Implementándose más de 8 ha de investigación y 11,1 ha en lotes de multiplicación de semilla. Para el ciclo 2021 se podrá contar con toda la información para comparar las técnicas de conservación empleadas.

## 6. RECOMENDACIONES

Debido a que continua la pandemia a nivel mundial por el Covid-19, es necesario reprogramar las actividades de investigación y difusión para el ciclo 2021, tomando en cuenta las medidas de bioseguridad, y continuar con las actividades de evaluación de las técnicas de conservación, validando estas tecnologías y seleccionando la más adecuada para que sea adoptada por los productores cerealeros de la Sierra ecuatoriana.

## 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.
- 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.
- FAOSTAT. (2019) Statistics Database. Consultado 15 diciembre del 2020. Disponible en: [<http://www.fao.org/faostat/en/#data>].
- INEC-MAG-SICA. (2002). III Censo Nacional Agropecuario. Quito-Ecuador.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2019). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continúa. Quito, Ecuador.
- 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/>
- 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>
- Rivadeneira, M. (2005). Inventario Tecnológico Programa de Cereales. EESC-INIAP

# CAPÍTULO 2

## EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LÍNEAS PROMISORIAS DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)

### (Evaluation of yield and agronomic characteristics of barley promisory lines (*Hordeum vulgare* L.))

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

### Resumen

A nivel mundial la cebada es el cuarto cereal más cultivado después de trigo, maíz y arroz; mientras que en Ecuador ocupa el tercer lugar después de maíz y arroz. A nivel de la Sierra ecuatoriana se distribuye entre los 2000 y 3500 m.s.n.m., y las provincias que más la cultivan son: Carchi, Chimborazo, Pichincha y Cotopaxi. La media nacional es de 1,46 t ha<sup>-1</sup>, muy por debajo de la media regional de más de 3,0 t ha<sup>-1</sup>. Entre los principales factores limitantes para este cultivo se encuentra la baja tecnificación del cultivo, y las enfermedades fúngicas que reducen la productividad entre un 50 y 80%, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad. La manera más económica de controlar las enfermedades es el uso de variedades resistentes. El Programa de Cereales del INIAP ha trabajado por 61 años generando germoplasma con características deseables de resistencia a enfermedades, productividad y calidad. Durante el año 2020, 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 agroecológicas. En campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se evaluaron cinco ensayos de rendimiento, conformados por 60 líneas avanzadas, las cuales fueron sembradas en tres repeticiones, bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup>. Los 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 del ciclo de evaluación se seleccionaron 40 líneas con características superiores a los testigos, las cuales serán evaluadas en los campos experimentales de la EESC durante el ciclo 2021.

*Palabras Clave:* adaptación, cebada, producción, resistencia, selección.

### Summary

Globally barley is the fourth most cultivated cereal after wheat, corn and rice; while in Ecuador it ranks third after corn and rice. At the level of the Ecuadorian Highlands it is distributed

between 2000 and 3500 meters, and the provinces that grow it most are: Carchi, Chimborazo, Pichincha and Cotopaxi. The national average is  $1.46 \text{ t ha}^{-1}$ , below of the regional average of more than  $3.0 \text{ t ha}^{-1}$ . Among the main limiting factors for this crop are the low technification of the crop, and fungal diseases that reduce productivity between 50 and 80%, depending of the cultivar susceptibility. The most economical way to control diseases is the use of resistant varieties. The Cereal Program of INIAP has worked for 61 years generating germplasm with desirable characteristics of disease resistance, productivity and quality. During 2020, the called yield trials (ER) were implemented, with the goal of evaluate and select barley germplasm with desirable characteristics, adapted to our agro-ecological conditions. In the experimental fields of Santa Catalina Experimental Station (EESC), five yield trials were evaluated, made up of 60 advanced lines, which were sown in three repetitions, under a Random Complete Block Design (DBCA), on plots of  $3.6 \text{ m}^2$ . These trials were evaluated to determine: establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days to spike, days of harvest, yield and quality. At the end, 40 lines with superior characteristics than the check were selected; these lines will be evaluated during the 2021 cycle in the EESC experimental fields.

**Keywords:** adaptation, barley, production, resistance, selection.

## 1. ANTECEDENTES

La 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). Entre tanto, que la importancia social y económica de la cebada se basa en su uso diversificado como alimento para consumo humano (Grando & Gómez, 2005).

En la región interandina, este cereal se encuentra distribuido entre los 2400 y 3500 metros de altitud (Falconí et al., 2013). En Ecuador según las estadísticas del INEC, la superficie dedicada al cultivo de cebada fue más de 11000 hectáreas con una producción anual de 13450 toneladas (INEC, 2019). Según las estadísticas en el Ecuador por INEC (2018), las importaciones superaron las 72 mil  $\text{t año}^{-1}$ . El cultivo se encuentra distribuido en todas las provincias de la sierra. Las provincias con mayor área sembrada son Carchi (5722 ha), Chimborazo (4228 ha), Pichincha (1106 ha) y Cotopaxi (873 ha) (INEC, 2019).

La cebada se usa básicamente para consumo humano en nuestro medio, ya sea como harina, machica (harina de grano tostado), grano perlado o arroz de cebada (grano perlado y partido). Además se la utiliza para hacer chicha (bebida a base de cebada) y café de cebada (grano bien tostado y partido). Por otra parte, cabe indicar que en la actualidad esta tomando fuerza la industria de la cerveza artesanal.

Uno de los principales problemas de los productores es que las variedades locales se han vuelto muy susceptibles a enfermedades, además de que las variedades mejoradas también van perdiendo su resistencia, ya que las enfermedades son entes vivos que se adaptan o mutan para sobrevivir, infectando los cultivos, provocando pérdidas en el rendimiento y la calidad de este cereal. La mejor forma de combatir las enfermedades es mediante el uso de variedades mejoradas resistentes a las principales enfermedades. Por otra parte, es necesario la generación de materiales con características específicas entre ellas, cebadas de grano desnudo y cebadas malteras; para las cuales existe demanda en el mercado actual. Además, se debe mejorar ciertas características agronómicas de las nuevas variedades entre ellas,

la tolerancia al acame. Estos trabajos están encomendados a los Institutos de Investigación Agrícola Nacional como el INIAP.

Actualmente el Programa de Cereales cuenta con germoplasma mejorado que se está evaluando en campos experimentales, principalmente líneas promisorias provenientes de cruzamientos entre material local con material foráneo, además de germoplasma proveniente de Centros Internacionales; de estos materiales se seleccionará germoplasma mejorado para que sea evaluado y seleccionado en campos de productores, que cumplan con sus requerimientos y/o necesidades tanto de calidad, como de productividad y resistencia.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Generar germoplasma mejorado de cebada (*Hordeum vulgare* L.), con características deseables de rendimiento, calidad de grano y resistencia a las principales enfermedades del cultivo.

### 2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar germoplasma mejorado de cebada con características deseables de rendimiento, calidad de grano y resistencia a enfermedades, ciclo 2020.
- Incrementar la diversidad genética de cebada mediante la generación y selección de germoplasma mejorado de cebada.
- Seleccionar germoplasma resistente a enfermedades, de alto rendimiento (superior a 4,0 t) y calidad de grano, ciclo 2020.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2020, fueron evaluadas 60 líneas de cebada distribuidas en cinco ensayos de rendimiento (Tabla 11). Los ensayos se implementaron en el Lote B3 de la EESC del INIAP.

**Tabla 11**

*Ensayos de rendimiento de cebada evaluados en la EESC, 2020*

Experimento*	Características	Número de líneas evaluadas
ER1 CD	Cebada Dística	15
ER2 CD	Cebada Dística	15
ER3 CH	Cebada Hexástica	10
ER4 CN	Cebada Desnuda	5
ER5 CM	Cebada Maltera	15
<b>Total</b>		<b>60</b>

\*\*ER: ensayo rendimiento; CD: cebada dística, CH: cebada hexástica, CN: Cebada desnuda, CM: cebada maltera

Los ensayos de rendimiento fueron implementados en campos experimentales bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m). Las variables evaluadas fueron: rendimiento, peso hectolítrico y calidad de grano. Los datos recopilados fueron analizados con el Programa Estadístico InfoStat versión Profesional 2019. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de separación de medias DMS al 5%.

### 3.2. Parcelas chicas (PC) de cebada

Las PC son una réplica completa de las líneas que conforman los ensayos de rendimiento; con el objetivo de purificar el material a través de la desmezcla y obtención de semilla pura de las líneas seleccionadas, las cuales conformarán los experimentos del siguiente ciclo de evaluación. Fueron evaluadas 60 líneas en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m).

### 3.3. Surcos triples de cebada

Los surcos triples son ensayos de observación en los cuales se evaluó el germoplasma avanzado, generado por el PC como el germoplasma introducido de centros internacionales, que presentaron características agronómicas deseables en el ciclo anterior de evaluación. Las variables evaluadas fueron rendimiento y parámetros de calidad del grano. En el ciclo 2020 el ensayo estuvo conformado por 100 líneas de cebada en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m).

### 3.4. Incremento de semilla categoría “Fitomejorador”

Parte del trabajo del programa de mejoramiento es la multiplicación y purificación de germoplasma de categorías iniciales con el objetivo de refrescar la semilla, disponibilidad de semilla pura y en cantidades suficientes para trabajos posteriores, además de proveer de semilla categoría fitomejorador al Departamento de Producción de Semillas del INIAP.

### 3.5. Manejo de los ensayos

La densidad de siembra fue de 150 kg ha<sup>-1</sup>. Según el análisis de suelo y el requerimiento del cultivo, 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<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (18-46-0) y 150 kg ha<sup>-1</sup> de Sulpomag. Posteriormente al macollamiento se aplicó 50 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 15 g ha<sup>-1</sup> de Metsulfuron-metil como herbicida.

### 3.6. Variables y métodos de evaluación (Ponce-Molina et al., 2019)

- *Rendimiento*: las líneas fueron cosechadas a la madurez de campo (180-190 días) y el rendimiento fue registrado en t ha<sup>-1</sup>.
- *Peso hectolitrito*: se colectó una muestra seca y limpia de grano con 13% de humedad, y con una balanza para peso específico de cereales se determinó su valor expresándolo en kg hl<sup>-1</sup> (kilogramos por hectómetro cúbico).
- *Tipo de grano*: el grano cosechado fue calificado de acuerdo con su forma, color, tamaño, uniformidad y daño. Según la siguiente escala: (\*\*) 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.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Ensayo de Rendimiento 1 de Cebada Dística (ER1 CD)

En la Tabla 12, se observan diferencias estadísticas altamente significativas para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo para rendimiento fue de 5,4 t ha<sup>-1</sup> y 68,5 kg hl<sup>-1</sup> para peso hectolítrico. Las mejores líneas para la variable rendimiento fueron CD-18-017, CD-19-004 y CD-18-015, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CD-19-003, CMU-19-001 y CD-17-019 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue bueno (\*).

**Tabla 12**

*ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano en líneas de cebada dística del ensayo de rendimiento 1 (ER1). EESC, 2020*

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>b</sup>
CD-18-017	8,0	70,9	*
INIAP-GUARANGA 2010	7,5	66,9	*
CD-19-004	7,3	65,9	*
CD-18-015	6,1	67,7	*
INIAP-CAÑICAPA 2003	6,1	65,3	**
CD-17-019	5,9	69,5	*
CD-18-012	5,6	68,6	*
CMU-19-001	5,3	65,5	*
CD-18-016	4,8	67,0	+
CMU-19-002	4,7	64,7	**
CD-19-003	4,4	78,0	*
CD-18-006	4,2	65,5	*
CD-19-002	3,8	66,2	*
CD-11-003	3,4	68,5	*
CD-19-001	3,4	77,3	**
<b>CV (%)</b>	<b>24,3</b>	<b>3,1</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>0,0013**</b>	<b>0,0001**</b>	
<b>LSD (p&lt;0.05)</b>	<b>2,2</b>	<b>3,6</b>	
<b>Promedio</b>	<b>5,4</b>	<b>68,5</b>	

<sup>a</sup>Nivel significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

<sup>b</sup>Tipo 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: PC, 2020.

Con base en los resultados obtenidos en campo, se seleccionaron 10 líneas de cebada: CD-17-019, CD-18-006, CD-18-012, CD-18-015, CD-18-017, CD-19-001, CD-19-003, CD-19-004, CMU-19-001 y CMU-19-002, por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada dística para el siguiente ciclo 2021.

## 4.2. Ensayo de Rendimiento 2 de Cebada Dística (ER2 CD)

En la Tabla 13, se observa diferencias estadísticas altamente significativas para rendimiento y peso hectolítrico, con un promedio general del ensayo de 5,0 t ha<sup>-1</sup> y 73,5 kg hl<sup>-1</sup>, respectivamente. Las mejores líneas para rendimiento fueron: CD-19-015, CD-19-016 y CD-19-012, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CD-19-006, CD-19-011 y CD-19-005 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue bueno (\*).

**Tabla 13**

*ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano para líneas de cebada dística del ensayo de rendimiento (ER2). EESC, 2020*

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>b</sup>
CD-19-015	7,0	68,3	*
CD-19-012	6,5	64,7	*
CD-19-016	6,5	67,5	*
CD-19-013	6,3	65,8	*
CD-19-005	5,5	79,7	*
CD-19-006	5,2	80,4	*
CD-19-014	5,0	67,2	*
CD-19-017	5,0	66,6	*
CD-19-010	4,7	79,7	**
CD-19-007	4,5	79,6	*
CD-19-011	4,4	80,4	*
INIAP-CAÑICAPA 2003	4,3	65,5	**
INIAP-ATAHUALPA	3,9	75,4	*
CD-19-009	3,7	79,3	*
CD-19-008	2,3	77,7	*
<b>CV (%)</b>	<b>23,6</b>	<b>1,5</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>0,0033**</b>	<b>0,0001**</b>	
<b>LSD (p&lt;0.05)</b>	<b>2,0</b>	<b>1,9</b>	
<b>Promedio</b>	<b>5,0</b>	<b>73,5</b>	

<sup>a</sup>Nivel de significancia: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

<sup>b</sup>Tipo de grano: (\*\*) Grano muy bueno, redondo y blanco; (\*) Grano bueno, redondo y amarillo; (+) Grano malo, largo, manchado y no trilla bien.

Fuente: PC, 2020.

Basados en los resultados obtenidos en campo, se seleccionaron 8 líneas de cebada: CD-19-005, CD-19-006, CD-19-007, CD-19-010, CD-19-011, CD-19-013, CD-19-014 y CD-19-017 por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico, las cuales formarán los ensayos de rendimiento de cebada dística para el ciclo 2021.

### 4.3. Ensayo de Rendimiento 3 de Cebada Hexástica (ER3 CH)

En la Tabla 14, se observa alta significancia estadística tanto para rendimiento como para peso hectolítrico. El promedio general del ensayo para rendimiento fue 5,6 t ha<sup>-1</sup>, y 61,2 kg hl<sup>-1</sup> para peso hectolítrico. Las mejores líneas para rendimiento fueron: CH-09-011, CH-14-006 y CH-12-005, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas: CH-14-006, CH-09-011 y CH-17-003 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue regular (\*).

**Tabla 14**

*ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano para líneas de cebada hexástica del ensayo de rendimiento (ER3). EESC, 2020*

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>b</sup>
INIAP-CAÑARI 2003	8,2	64,7	*
CH-09-011	7,8	65,2	*
CH-14-006	6,9	67,0	+
INIAP-QUILOTOA 2003	6,6	60,4	*
CH-12-005	6,5	57,5	*
CH-18-003	5,4	59,5	*
CH-17-003	4,9	65,0	*
CMU-19-003	3,7	55,6	*
CH-18-004	3,6	59,1	*
CH-18-007	2,9	58,1	*
<b>CV (%)</b>	<b>18,5</b>	<b>2,8</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>0,0001**</b>	<b>0,0001**</b>	
<b>LSD (p&lt;0.05)</b>	<b>1,8</b>	<b>2,9</b>	
<b>Promedio</b>	<b>5,6</b>	<b>61,2</b>	

<sup>a</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo.

<sup>b</sup>Tipo 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: PC, 2020.

Con base en los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron 8 líneas de cebada: CH-09-011, CH-12-005, CH-14-006, CH-17-003, CH-18-003, CH-18-004, CH-18-007 y CMU-19-003, por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas conformarán los ensayos de rendimiento de cebada hexástica para el ciclo 2021.

#### 4.4. Ensayo de Rendimiento 4 de Cebada Desnuda (ER4 CN)

En la Tabla 15, no se observa significancia estadística para rendimiento, pero sí una alta significancia estadística para peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 6.4 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 71.8 Kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las mejores líneas para rendimiento fueron: CN-15-003 y CN-14-027, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas: CN-14-027 y CN-14-028, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano fue bueno (\*) en las líneas evaluadas.

**Tabla 15**

ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano para líneas de cebada desnuda del ensayo de rendimiento (ER4). EESC, 2020

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>b</sup>
CN-15-003	8,9	61,6	+
RITA PELADA	7,3	73,1	*
CN-14-027	6,2	76,5	*
CN-14-028	5,3	74,2	*
INIAP ATAHUALPA-92	4,4	73,6	*
<b>CV (%)</b>	<b>44,6</b>	<b>1,3</b>	
<b>P valor <sup>a</sup></b>	<b>0,4033 n.s.</b>	<b>0,0001**</b>	
<b>LSD (p&lt;0.05)</b>	<b>5,4</b>	<b>1,8</b>	
<b>Promedio</b>	<b>6,4</b>	<b>71,8</b>	

<sup>a</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo.

<sup>b</sup>Tipo 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: PC, 2020.

Basados en los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron dos líneas de cebada: CN-14-028 y CN-14-027, por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada desnuda para el próximo ciclo 2021.

#### 4.5. Ensayo de Rendimiento 5 de Cebada Maltera (ER5 CM)

En la Tabla 16, se observa alta significancia estadística para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 6,4 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 68,1 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: CM-19-012, CM-19-004 y CM-19-006,

con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CM-19-009, CM-19-011 y CM-19-002 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue bueno (\*).

**Tabla 16**

*ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano para líneas de cebada maltera del ensayo de rendimiento (ER5). EESC, 2020*

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>b</sup>
CM-19-012	8,6	67,2	*
INIAP-QUILOTOA 2003	7,6	61,5	*
CM-19-004	7,1	69,4	*
CM-19-006	6,9	68,2	*
CM-19-005	6,7	68,0	*
CM-19-008	6,7	68,3	*
CM-19-011	6,6	71,8	*
CM-19-002	6,3	70,7	*
CM-19-007	6,3	70,3	*
CM-19-009	6,3	72,1	*
CM-19-001	6,2	68,2	*
CM-19-010	6,1	69,9	*
INIAP-CALICUCHIMA 92	5,7	62,0	*
CM-19-003	5,2	68,6	*
METCALFE	3,4	65,9	+
<b>CV (%)</b>	<b>13.5</b>	<b>1.8</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>0.0001**</b>	<b>0.0001**</b>	
<b>LSD (p&lt;0.05)</b>	<b>1.4</b>	<b>2.1</b>	
<b>Promedio</b>	<b>6.4</b>	<b>68.1</b>	

<sup>a</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo.

<sup>b</sup>Tipo 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: PC, 2020.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron las 12 líneas, por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada maltera para el próximo ciclo 2021.

#### 4.6. Parcelas chicas (PCs) de cebada

Sesenta líneas de cebada (60), fueron evaluadas y purificadas en parcelas chicas, de las cuales se obtuvieron en promedio 3 kg de semilla por línea.

#### 4.7. Surcos triples (ST) de cebada

En el ensayo de surcos triples (Tabla 17), se observó que los testigos locales (INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Atahualpa 92) presentaron un promedio de rendimiento de 3,3 t ha<sup>-1</sup> y un peso hectolítrico promedio de 69,7 kg hl<sup>-1</sup>, con una desviación estándar de 0,7 y 2,9, respectivamente, mientras tanto que las líneas avanzadas presentaron un promedio de rendimiento de 5,6 t ha<sup>-1</sup> y 77,4 kg hl<sup>-1</sup> de peso hectolítrico, con una desviación estándar de 1,6 y 5,5 respectivamente. Al finalizar la evaluación se seleccionaron 29 líneas que formarán parte de los ensayos de rendimiento del año 2021.

**Tabla 17**

*Estadística descriptiva del ensayo de surcos triples de cebada evaluadas en la EESC, 2020*

Testigos mejorados						
Variable	N°	Promedio	DE	CV (%)	Mínimo	Máximo
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	13	3,3	0,7	20,8	2,1	4,5
Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	13	69,7	2,9	4,2	65,0	73,5
Líneas avanzadas						
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	87	5,6	1,6	28,3	1,9	7,8
Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	87	77,4	5,5	7,1	63,4	81,5

DE: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

#### 4.8. Incremento de semilla de categoría Fitomejorador

Durante el ciclo 2020 en la EESC, se incrementaron seis variedades de cebada, obteniéndose un total de 444 kg de semilla de categoría fitomejorador, necesaria para implementar ensayos de investigación el ciclo 2021 (Tabla 18).

**Tabla 18**

*Variedades de cebada incrementada categoría fitomejorador y seleccionada en la EESC, 2020*

N°	Nombre/o Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Cañicapa 2003	270
2	INIAP-Pacha 2003	29
3	INIAP-Guaranga 2010	45
4	INIAP-Palmira 2014	45
5	INIAP-Shyri 89	20
6	INIAP-Shyri 2000	45
<b>TOTAL</b>		<b>444</b>

## 5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 69 líneas promisorias de cebada seleccionadas de los ensayos de rendimiento y surcos triples, tanto para consumo humano como para maltería, y que presentaron características deseables de resistencia a enfermedades, alto rendimiento ( $>3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y calidad industrial. Estas líneas, servirán de base para seleccionar líneas élites que podrán ser liberadas como futuras variedades mejoradas para los productores cebaderos del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Es necesario 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, incluyendo un análisis de laboratorio de las líneas promisorias, el cual permitirá discriminar la calidad nutricional potencial de los materiales.

## 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.
- Falconí, E., Garófalo, J., Llangarí, P. & Espinoza, M. (2013). El cultivo de Cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad. Quito: INIAP Programa de Cereales.
- FAO-Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales. <http://www.fao.org/>
- Grando, S., and Gomez, H. (2005). Food Barley: Importance, Uses and Local Knowledge. Proceedings of the International Workshop on Food Barley Improvement, 14-17 January 2002, Hammamet, Tunisia. ICARDA, Aleppo, Syria. 156 pp.
- INEC (2018). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continua.
- 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>

# CAPÍTULO 3

## DESARROLLO Y SELECCIÓN DE POBLACIONES SEGREGANTES DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.)

### (Development and selection of segregating barley populations (*Hordeum vulgare* L.))

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>†1</sup>.

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

### Resumen

La generación y selección de variabilidad genética a través de los cruzamientos es esencial dentro del esquema de mejoramiento del Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, es por ello, que anualmente se evalúa poblaciones segregantes con el objetivo de buscar germoplasma con características superiores (rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad de grano). En el año 2020, se evaluaron 60 poblaciones segregantes de diferentes filiales: F2, F3, F5 y F6; de las cuales se seleccionaron un total de 612 segregantes con características deseables para ser evaluadas en el ciclo agrícola 2021.

*Palabras Clave:* cebada, mejoramiento, segregantes, selección.

### Summary

The generation and selection of genetic variability through crossings is essential in an Improvement Program such as the Cereal Program of the Santa Catalina Experimental Station from INIAP, for that reason, are evaluated annually segregating populations in the search of germplasm with superior characteristics (yield, resistance and quality). In 2020, 60 segregating populations of different categories were evaluated (F2, F3, F5 and F6), of which a total of 612 new segregating populations with desirable characteristics were selected for evaluation in the next agricultural cycle, 2021.

*Keywords:* barley, plant breeding, segregating, selection.

## 1. ANTECEDENTES

La generación de la variabilidad genética es uno de los pilares fundamentales en el trabajo de fitomejoramiento, es por esta razón que el Programa de Mejoramiento de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, establece cada año los denominados bloques de cruzamientos, los cuales están conformados por genotipos seleccionados por sus características deseables (fenotípicas y agronómicas) denominados “parentales”, una vez seleccionados los parentales o progenitores con características deseables específicas se procede a la hibridación o cruzamiento dirigido. (Ponce-Molina et al., 2020)

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. (Ponce-Molina et al., 2020)

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; Zadoks, 1974).

El Programa de Cereales del INIAP cuenta con germoplasma proveniente de cruzamientos entre material local e introducido, los cuales han sido generados con el objetivo de introducir nuevos genes de resistencia y características de calidad a materiales locales adaptados a las principales zonas cerealeras del Ecuador. Los métodos principales que se emplean son: cruzamientos, selección masal y de pedigree.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general.

Generar nuevas poblaciones de mejoramiento de cebada, con características deseables de resistencia a enfermedades, alto rendimiento y calidad, para la producción sostenible en el Ecuador.

### 2.2. Objetivos específicos.

- Desarrollar poblaciones segregantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con alto rendimiento ( $\geq 3$  t ha<sup>-1</sup>), buenas características agronómicas, resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia hordei*), escaldadura (*Rhynchosporium secalis*), virus del enanismo amarillo (BYDV) y *Fusarium* spp., y calidad agroindustrial, ciclo 2020.
- Evaluar y seleccionar individuos en cada una de las poblaciones segregantes de cebada (F2, F3, F5 y F6), con resistencia a enfermedades, con características agronómicas deseables, productividad y calidad nutricional, ciclo 2020.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Evaluación de poblaciones segregantes F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>5</sub> y F<sub>6</sub> de cebada en campo

Los métodos de mejoramiento y selección empleados en las poblaciones segregantes sembradas en campo fueron: Masal y Selección de Espigas Individuales o Pedigree. Las evaluaciones agronómicas fueron realizadas durante el ciclo del cultivo y al final se seleccionó germoplasma con características deseables de alto rendimiento y calidad industrial.

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Evaluación de poblaciones F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>5</sub> y F<sub>6</sub> en campo

Durante este año 2020, se sembraron y evaluaron en campo; 20 poblaciones segregantes F<sub>2</sub>, 10 poblaciones F<sub>3</sub>, 15 poblaciones F<sub>5</sub> y 15 poblaciones de F<sub>6</sub>. (Tabla 19).

**Tabla 19**

*Poblaciones segregantes de cebada evaluadas y seleccionadas en la EESC, 2020*

Filial	Evaluadas	Total seleccionadas	Cosechadas		
			Espigas	Plantas	Parcelas
F2	20	9 M/PG <sup>2</sup>	450	-	-
F3	10	3 M/PG	150	-	-
F5	15	5 M <sup>1</sup>	-	-	5
F6	15	7 M	-	-	7
Total	60	24	600	-	12

<sup>1</sup>: M: Masal; <sup>2</sup> M/PG: por pedigrí.

Fuente: PC, 2020.

Realizada la evaluación de poblaciones filiales se seleccionaron 612 segregantes: 450 líneas para F<sub>3</sub>, 150 para F<sub>4</sub>, 5 para F<sub>6</sub> y 7 para F<sub>7</sub>, las cuales serán evaluadas durante el ciclo agrícola 2021.

### 5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 612 segregantes de diferentes filiales, los cuales serán evaluados en busca de germoplasma con características deseables para el productor cebadero del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Para el ciclo 2021 es necesario seleccionar y formar bloques de cruzamientos tanto de cebada desnuda como de cebada cubierta, para poder contar con nuevo material genético e identificar líneas con características deseables que cubran las necesidades de los productores.

## 7. REFERENCIAS

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.

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

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

# CAPÍTULO 4

## EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

### (Evaluation of yield and agronomic characteristics of wheat promisory lines (*Triticum aestivum* L.))

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

### Resumen

La producción de trigo se ha incrementado anualmente debido a la demanda mundial, y se espera que para el 2021 se incremente en un 0,7 %. En el Ecuador la importación de este cereal se ha duplicado durante los últimos 10 años. A nivel nacional se lo cultiva en las zonas agroecológicas comprendidas entre los 2000 y 3000 metros de altitud en todas las provincias de la Sierra ecuatoriana. La media nacional es de 1,6 t ha<sup>-1</sup>, muy por debajo de la media regional de casi 3,0 t ha<sup>-1</sup>. Uno de 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 60 años, en la generación de nuevas tecnologías o variedades mejoradas, con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad industrial. Durante el 2020, en campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se implementaron ensayos de rendimiento (ER) con el objetivo principal de evaluar y seleccionar germoplasma de trigo con características deseables y adaptados a nuestras condiciones. Se evaluaron un total de 620 líneas avanzadas, distribuidas en tres ensayos de rendimiento (40 líneas) y en ensayos de surcos triples (580 líneas). 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. Al finalizar el ciclo agrícola, se seleccionaron 49 líneas con características superiores, las cuales serán evaluadas durante el ciclo 2021.

*Palabras Clave:* adaptación, mejoramiento genético, productividad, resistencia, trigo.

## Summary

Wheat production has increased annually due to global demand, and by 2021 is expected to increase by 0.69%. In Ecuador the import of this cereal has doubled over the last 10 years. At the national level it is cultivated in agroecological areas between 2000 and 3000 meters of altitude in all provinces of the Ecuadorian Highlands. The national average is 1.6 t ha<sup>-1</sup>, below of the regional average of almost 3.0 t ha<sup>-1</sup>. One of the main limiting factors for this crop are diseases such as 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 Programa of INIAP has been working for 60 years on the generation of new technologies or improved varieties, with characteristics of resistance to disease, productivity and industrial quality. During 2020, in experimental fields of the Santa Catalina Experimental Station (EESC), the called yield trails (ER) were implemented, which are primarily established to evaluate and select wheat germplasm with desirable characteristics and adapted to our conditions. A total of 620 advanced lines were evaluated in three yield trails (40 lines) and in the Triple Furrows (580 lines). These trials were evaluated for establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days of heading, harvest days, yield and quality. Finally, 49 lines with superior characteristics were selected, which will be evaluated during the 2021 cycle.

*Keywords:* adaptation, plant breeding, productivity, resistance, wheat.

## 1. ANTECEDENTES

El trigo (*Triticum aestivum* L.) junto con el arroz y el maíz, son los cereales de mayor importancia en el mundo (FAO, 2019). Adicionalmente, el Ecuador registró una productividad por unidad de superficie de 1,6 t ha<sup>-1</sup>, mientras que a nivel mundial la productividad supera las 3,0 t ha<sup>-1</sup> (INEC, 2019). Según la FAO-AMIS se espera que durante el 2021 la producción de trigo se incremente en un 0.69% a nivel mundial (AMIS, 2021).

Según la FAO (2018), los principales retos para los responsables de las políticas agrarias son: ayudar a los agricultores a adoptar sistemas de producción sostenibles; incrementar la inversión agrícola; establecer y proteger los derechos de los productores a los recursos; promover mercados y cadenas de valor más justos y eficientes; aumentar la ayuda a la investigación y el desarrollo agrícolas a largo plazo; promover innovaciones tecnológicas adaptadas a las necesidades de los pequeños agricultores; fortalecer los sistemas de semillas formales e informales; y revitalizar la educación y capacitación agrarias.

Con base a lo expuesto, el Programa de Cereales del INIAP, genera, evalúa y selecciona germoplasma con características deseables que se adapten a las principales zonas agroecológicas del Ecuador. Identificando germoplasma resistente a las principales enfermedades, que son las principales causas de la reducción en el rendimiento en los cereales. Siendo que la forma más económica de controlar las enfermedades es el uso de variedades resistentes. Entre las enfermedades más importantes para este cultivo están aquellas causadas por patógenos biotróficos como las royas, 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 tritici*), virus del enanismo amarillo (BYDV), *Fusarium* spp. (Almacenas *et al.*, 2013), y en menor grado la roya del tallo (*Puccinia graminis*).

En Ecuador, el trigo es cultivado principalmente en la Sierra ecuatoriana entre los 2 000 y 3 000 metros de altitud, las principales provincias productoras de este cereal son: Carchi, Bolívar, Pichincha, Chimborazo e Imbabura.

En la actualidad el Programa de Cereales del INIAP, cuenta con germoplasma y variedades mejoradas, líneas promisorias propias, así como materiales introducidos, provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT-México. Las líneas introducidas son evaluadas bajo nuestras condiciones y permiten identificar nuevos genotipos mejor adaptados, de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y mayor calidad para la industria. Además, se refresca e incrementa semilla de categoría “fitomejorador” de las variedades mejoradas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Generar germoplasma mejorado de trigo de alto rendimiento, resistente a enfermedades (roya amarilla y hoja) y de calidad para la industria, contribuyendo así a la producción sostenible en el Ecuador.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar líneas promisorias de trigo harinero con características deseables de alto rendimiento, resistencia y calidad, ciclo 2020.
- Ampliar la diversidad genética de trigo mejorado que sirve como base para el Programa de Mejoramiento de Cereales.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2020 en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), fueron evaluadas 40 líneas de trigo distribuidas en tres ensayos de rendimiento (Tabla 20).

**Tabla 20**

*Experimentos de rendimiento evaluados en la EESC, 2020.*

Ensayos*	Número de líneas evaluadas
ER1 TH	15
ER2 TH	10
ER3 TH	15
Total	40

\*ER1 TH=Ensayo de Rendimiento 1 de trigo Harinero; ER2 TH=Ensayo de Rendimiento 2 de Trigo Harinero; ER3 TH=Ensayo de Rendimiento 3 de Trigo harinero.

Las líneas evaluadas se implementaron en campo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0

m x 1,2 m). Los ensayos de investigación se implementaron en el Lote B3 de la EESC del INIAP. Las variables evaluadas fueron: 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 (ANOVA) y separación de medias con la prueba DMS al 5%.

### 3.2. Parcelas chicas (PC) de trigo

Las parcelas chicas son una réplica completa de las líneas de los ensayos de rendimiento, con el objetivo de purificar el material a través de la desmezcla y obtener una semilla pura de las líneas seleccionadas, las cuales conformarán los ensayos del siguiente ciclo de evaluación. Fueron evaluadas un total de 40 líneas en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m).

### 3.3. Ensayo de surcos triples (ST) 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 2020 el ensayo estuvo conformado por 580 líneas, 290 líneas provenientes de ensayos internacionales y 290 líneas de ensayos nacionales. Las líneas fueron sembradas en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m).

### 3.4. Incremento de semilla categoría fitomejorador

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

### 3.5. Manejo de los ensayos

La densidad de siembra fue de 180 kg ha<sup>-1</sup>. Según el análisis del suelo y el requerimiento del cultivo, al momento de la siembra se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (18-46-0) y 150 kg ha<sup>-1</sup> de Sulpomag. Posteriormente al macollamiento se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 15 g ha<sup>-1</sup> de Metsulfuron-metil como herbicida. No se realizaron aplicaciones de funguicidas para el control de enfermedades, ya que se evalúa la incidencia y severidad de las enfermedades.

### 3.6. Variables y métodos de evaluación (Ponce-Molina et al., 2019)

- **Rendimiento:** las parcelas fueron cosechadas a la madurez de campo (180-190 días) y el rendimiento fue registrado en t ha<sup>-1</sup>.
- **Peso hectolítrico:** esta variable representa el peso del grano en un volumen específico y se expresó en kg hl<sup>-1</sup> (kilogramos por hectólitro), para ello se utilizó una balanza de peso específico de cereales.
- **Tipo de grano:** el grano cosechado fue calificado de acuerdo a su forma, color, tamaño, uniformidad y daño.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Ensayo de Rendimiento 1 (ER1 TH)

En el Tabla 21, se observa una alta significancia estadística al 5%, para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 6,6 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 72,1 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-14-004, TA-18-012 y TA-18-004, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico la línea TA-18-0022 presentó el mejor resultado comparado con el testigo INIAP-Imbabura 2014. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue: grano mediano/bueno y de color blanco (2B).

**Tabla 21**

ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano para líneas de trigo del Ensayo de Rendimiento (ER1). EESC, 2020.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>2</sup>
TA-14-004	8,4	72,1	1B
TA-18-012	7,9	72,9	2R
TA-18-004	7,9	72,6	2B
TA-17-011	7,6	70,8	2B
TA-18-011	7,6	71,9	2R
TA-17-001	7,1	72,6	2B
TA-12-028	6,7	72,3	2B
INIAP-IMBABURA 2014	6,2	76,4	1R
TA-17-002	6,2	70,6	2B
INIAP-VIVAR 2010	6,1	68,9	1B
TA-18-024	5,8	70,6	2B
TA-17-025	5,4	71,5	2B
TA-17-021	5,0	73,7	2B
TA-18-019	5,0	72,8	2B
TA-18-025	4,8	71,7	2B
<b>Coefficiente Variación</b>	<b>23,4</b>	<b>0,8</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>0,0001**</b>	<b>&lt;0,0001**</b>	
<b>DMS (p&lt;0.05)</b>	<b>2,54</b>	<b>1,0</b>	
<b>Promedio</b>	<b>6,6</b>	<b>72,1</b>	

<sup>1</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

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

Fuente: PC, 2020.

Con base a los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron cuatro líneas de trigo: TA-14-004, TA-17-011, TA-18-012 y TA-18-004, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico y calidad de grano. Estas líneas pasaran a formar los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2021.

#### 4.2. Ensayo de Rendimiento 2 (ER2 TH)

En el Tabla 22, también se observa una alta significancia estadística al 5%, para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 8,1 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 76,6 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-19-003, TA-18-008, TA-18-005 y TA-19-001, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas TA-19-002, TA-19-003, TA-19-001 y TA-19-004, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue: grano mediano/ bueno y de color blanco (2B).

**Tabla 22**

*ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de trigo del Ensayo de Rendimiento (ER2). EESC, 2020.*

Líneas	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>2</sup>
TA-19-003	9,5	74,6	2B
TA-18-008	9,4	71,0	1B
TA-18-005	9,3	73,7	2B
TA-19-001	9,2	74,6	2R
TA-18-015	8,9	70,4	2R
TA-19-004	8,7	74,1	2R
TA-18-021	8,4	72,8	2B
INIAP-IMBABURA 2014	7,7	76,6	1R
INIAP-VIVAR 2010	7,6	69,1	1B
TA-19-002	6,6	76,3	2R
<b>Coefficiente Variación</b>	<b>11,3</b>	<b>0,7</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>0,025*</b>	<b>&lt;0,0001**</b>	
<b>DMS (p&lt;0.05)</b>	<b>1,7</b>	<b>0,9</b>	
<b>Promedio</b>	<b>8,5</b>	<b>73,3</b>	

<sup>1</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

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

Fuente: PC, 2020.

Con base a los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron tres líneas de trigo: TA-18-005, TA-18-008 y TA-19-003, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico y calidad de grano. Estas líneas formaran parte de los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2021.

### 4.3. Ensayo de Rendimiento 3 (ER3 TH)

En la Tabla 23, se puede observar alta significancia estadística al 5%, para rendimiento y peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 6,7 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 73,7 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-19-012, TA-19-011 y TA-19-007, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas TA-19-012, TA-19-011, TA-19-007 y TA-19-013, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue: grano mediano/bueno y de color rojo (2R).

**Tabla 23**

ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano de las líneas de trigo del Ensayo de Rendimiento (ER3). EESC, 2020.

Líneas	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>2</sup>
TA-19-012	10,0	79,2	1R
TA-19-011	9,5	79,3	1R
TA-19-007	9,4	77,1	2R
TA-19-008	9,3	76,2	2R
TA-19-013	8,8	77,1	2R
TA-19-006	8,3	76,9	2R
TA-19-018	7,1	72,8	2B
INIAP-VIVAR 2010	6,9	68,0	1B
TA-19-009	6,8	69,6	2R
INIAP-IMBABURA 2014	6,5	76,2	1R
TA-19-010	6,4	73,2	2B
TA-19-017	3,3	71,8	2B
TA-19-014	3,3	68,6	2B
TA-19-016	3,2	70,2	2B
TA-19-015	2,5	69,5	2B
<b>Coefficiente Variación</b>	<b>8,1</b>	<b>0,7</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0,0001**</b>	<b>&lt;0,0001**</b>	
<b>DMS (p&lt;0.05)</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	
<b>Promedio</b>	<b>6,7</b>	<b>73,7</b>	

<sup>1</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

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

Fuente: PC, 2020.

Basados en los resultados obtenidos, se seleccionaron cuatro líneas de trigo: TA-19-007, TA-19-011, TA-19-012 y TA-19-013, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico y calidad de grano. Estas líneas formaran los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2021.

#### 4.4. Parcelas chicas (PCs) de trigo

Cuarenta líneas de trigo (40), fueron evaluadas y purificadas en parcelas chicas, de las cuales se obtuvieron 3 kg de semilla de promedio por cada unidad experimental.

#### 4.5. Ensayo de surcos triples (STs) de trigo

En el ensayo de surcos triples con líneas provenientes de ensayos internacionales (Tabla 24), se observó que los testigos locales (INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014) presentaron un promedio de rendimiento de 7,1 t ha<sup>-1</sup> y un peso hectolítrico promedio de 71,9 kg hl<sup>-1</sup>, con una desviación estándar de 0,9 y 4,3, respectivamente, mientras tanto que las líneas avanzadas presentaron un promedio de rendimiento de 7,6 t ha<sup>-1</sup> y 71,1 kg hl<sup>-1</sup> de peso hectolítrico, con una desviación estándar de 1,2 y 1,6, respectivamente.

**Tabla 24**

*Estadística descriptiva de ensayo de surcos triples de líneas internacionales de trigo. EESC, 2020.*

Testigos mejorados						
Variable	N°	Promedio	D.E.	CV (%)	Mínimo	Máximo
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	30	7,1	0,9	12,8	4,9	8,4
Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	30	71,9	4,3	6,0	66,6	77,0
Líneas avanzadas internacionales						
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	260	7,6	1,2	15,4	4,1	10,9
Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	260	71,1	1,6	2,2	65,1	74,6

D.E: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

En el ensayo de surcos triples con líneas provenientes de ensayos nacionales (Tabla 25), se observó que los testigos locales (INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014) presentaron un promedio de rendimiento de 6,5 t ha<sup>-1</sup> y un peso hectolítrico promedio de 71,8 kg hl<sup>-1</sup>, con una desviación estándar de 0,8 y 4,1, respectivamente, mientras tanto que las líneas avanzadas nacionales presentaron un promedio de rendimiento de 7,3 t ha<sup>-1</sup> y 73,5 kg hl<sup>-1</sup> de peso hectolítrico, con una desviación estándar de 1,2 y 1,6, respectivamente.

**Tabla 25**

*Estadística descriptiva de ensayo de surcos triples de líneas nacionales de trigo. EESC, 2020.*

Testigos mejorados						
Variable	N°	Promedio	D.E.	CV (%)	Mínimo	Máximo
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	31	6,5	0,8	12,5	4,1	7,8
Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	31	71,8	4,1	5,7	66,1	76,2
Líneas avanzadas nacionales						
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	259	7,3	1,2	16,7	3,1	10,1
Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	259	73,5	2,5	3,4	67,2	79,2

D.E: desviación estándar, CV: coeficiente de variación

De los ensayos de surcos triples evaluados durante el ciclo agrícola 2020 se seleccionaron 38 líneas, que formarán parte de los ensayos de rendimiento del ciclo 2021.

#### 4.6. Incremento de semilla con categoría Fitomejorador.

Durante el ciclo 2020 en la EESC, se incrementó dos variedades de trigo, obteniéndose un total de 711 kg de semilla de categoría fitomejorador, necesaria para implementar ensayos de investigación el ciclo 2021 (Tabla 26).

**Tabla 26**

*Variedades de trigo incrementada categoría Básica y seleccionada en la EESC, 2020.*

N°	Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Vivar 2010	450
2	INIAP-Imbabura 2014	261
<b>Total</b>		711

## 5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 11 líneas promisorias seleccionadas de los ensayos de rendimiento y con 38 líneas avanzadas seleccionadas de los ensayos de surcos triples, las cuales fueron seleccionadas por sus características deseables de resistencia a enfermedades, alto rendimiento ( $>3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y calidad industrial, que servirán de base para seleccionar líneas élites que podrán ser liberadas como futuras variedades mejoradas para los productores trigueros del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Es necesario continuar con el proceso de mejoramiento y selección de materiales promisorios de trigo, que presentan características deseables tanto agronómicas, como de alto rendimiento y de calidad industrial, incluyendo un análisis de laboratorio de las líneas promisorias, el cual permitirá discriminar la calidad nutricional potencial de los materiales.

## 7. REFERENCIAS

- Almacenas, J., López, A., Álvaro, F., Serra, J., Capellades, G. & Marín, J. (2013). La roya amarilla de los trigos, un problema emergente. España. [http://www.adiveter.com/ftp\\_public/A1221113.pdf](http://www.adiveter.com/ftp_public/A1221113.pdf)
- Agricultural Market Information System – AMIS. (2019) FAO-AMIS-World- Wheat. Change 2020/21 over 2019/2020 in wheat Production. <https://app.amis-outlook.org/#/market-database/supply-and-demand-overview>
- Carretero, R., Serrano, R. & 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>

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

FAOSTAT Statistics Database (2019). Consultado 13 de diciembre del 2020 en [<http://www.fao.org/faostat/en/#data>].

INEC. (2019). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continúa.

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>

# CAPÍTULO 5

## AVANCES GENERACIONALES DE DIFERENTES POBLACIONES SEGREGANTES DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.)

### (Generational advances of different segregating wheat populations (*Triticum aestivum* L.))

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

#### Resumen

La generación, evaluación y selección de nuevas poblaciones mejoradas es una pieza fundamental en el proceso de mejoramiento. En tal virtud, el Programa de Cereales del INIAP anualmente tiene como objetivo generar nuevas poblaciones mejoradas en búsqueda de materiales con características superiores que suplan las necesidades de los usuarios. Durante el ciclo 2020, se evaluaron diferentes poblaciones segregantes, que dieron un total de 160 (F2 y F3), de las cuales se seleccionaron un total de 614 nuevas poblaciones con características deseables para ser evaluados en el siguiente ciclo agrícola.

*Palabras clave:* mejoramiento, segregantes, selección, trigo.

#### Summary

The generation, evaluation and selection of new improved populations is a key part of the plant breeding process. Under this virtue, the Cereal Improvement Program from INIAP annually have the aims of generate new improved populations in search of materials with superior characteristics that cover the needs of users. During the 2020 cycle, different segregating populations were evaluated, they gave a total of 160 (F2 and F3), of which a total of 614 new populations with desirable characteristics were selected to be evaluated in the next agricultural cycle.

*Keywords:* plant breeding, segregating, selection, wheat.

## 1. ANTECEDENTES:

En el Ecuador es necesario aumentar la superficie en este cultivo. Para ello es necesario generar germoplasma mejorado con características deseables que cubran las necesidades de los usuarios. El uso de variedades mejoradas de alto rendimiento, permite optimizar las áreas de producción, incrementando la productividad agrícola en una menor superficie. (Ponce-Molina et al., 2020)

El mejoramiento genético es una herramienta básica para aportar al incremento de la productividad del cultivo de trigo, desarrollando y/o generando poblaciones y variedades que cubran las necesidades de los usuarios (productores e industria) en cuanto a alto rendimiento potencial (media nacional 1,6 t ha<sup>-1</sup>), resistencia a las principales enfermedades (hongos, virus, bacterias), con características de calidad para el consumo de (rendimiento harinero, proteína, etc) y adaptadas a las principales zonas de producción. (Stubbs et al., 1986)

La mejora genética vegetal es una herramienta básica para aportar al incremento de la productividad del cultivo de trigo. En la actualidad el Programa de Cereales del INIAP, cuenta con poblaciones segregantes provenientes de cruzamientos entre material local e introducido de Centros Internacionales como el CIMMYT, México, los cuales son evaluados bajo nuestras condiciones para identificar genotipos mejor adaptados, de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y calidad industrial.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Generar nuevas poblaciones de mejoramiento de trigo, con características deseables a resistencia a enfermedades (royas), alto rendimiento y calidad agroindustrial, para la producción sostenible en el Ecuador.

### 2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar poblaciones segregantes de trigo con alto rendimiento (4 t ha<sup>-1</sup>), buenas características agronómicas, resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia triticina*), roya del tallo (*Puccinia graminis*), virus del enanismo amarillo (BYDV), Fusarium spp. y calidad agroindustrial, ciclo 2020.
- Evaluar y seleccionar individuos en cada una de las poblaciones segregantes de trigo (F2 y F3), resistentes a enfermedades, con características agronómicas deseables, productividad y calidad agroindustrial, ciclo 2020.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación de poblaciones segregantes F<sub>2</sub>, y F<sub>3</sub> 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 deseables de resistencia a enfermedades, alto rendimiento y calidad.

## 4. RESULTADOS

Durante el año 2020, se sembraron y evaluaron en campo 40 poblaciones segregantes  $F_2$ , y 120 poblaciones  $F_3$ . Al final del ciclo se seleccionaron 614 poblaciones (Tabla 27).

**Tabla 27**

*Número de poblaciones segregantes evaluadas y seleccionadas de trigo. EESC, 2020.*

Filial	Evaluadas	Total	Cosechadas		
		Seleccionadas	Espigas	Plantas	Parcelas
F2	40	21 (PG <sup>4</sup> )	600	-	-
F3	120	14 (M/S <sup>2</sup> )	-	-	14
Total	160	35	600		14

<sup>1</sup> M: Masal; <sup>2</sup>M/S: Masal selecto; <sup>3</sup>M/PG: Masal por pedigree; <sup>4</sup>PG: Pedigree.

Fuente: PC, 2020.

Realizada la evaluación de poblaciones se generaron: 600 líneas para F3 y 14 para F4, las cuales serán evaluadas durante el ciclo agrícola 2021.

## 5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 614 poblaciones segregantes de diversas categorías, los cuales serán evaluados en busca de germoplasma con características deseables para el productor triguero del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Para el ciclo 2021 es necesario seleccionar y formar bloques de cruzamientos de trigo tanto de grano blanco como de grano rojo, por separado, para poder contar con nuevo material genético e identificar líneas con características deseables que cubran las necesidades de los productores.

## 7. REFERENCIAS

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.

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

# CAPÍTULO 6

## EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LÍNEAS PROMISORIAS DE AVENA (*Avena sativa* L.)

### (Yield and agronomics characteristics evaluation of promissory oat lines (*Avena sativa* L.))

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

#### Resumen

La avena es el quinto cereal más producido a nivel mundial después de trigo, maíz, arroz y cebada; se lo cultiva principalmente como un cereal multipropósito (grano y forraje) o como cultivo de rotación. En Ecuador se emplea principalmente en la alimentación de ganado bovino tanto en grano (balanceados) o como forraje (pastoreo, heno o ensilaje), sola o en mezclas forrajeras con leguminosas. La superficie cultivada en la Sierra ecuatoriana es de 1177 ha con un rendimiento de promedio de 0,74 t ha<sup>-1</sup>. Las principales enfermedades limitantes para este cultivo son las royas (corona y tallo) que reducen la productividad hasta un 100% en materiales susceptibles. El uso de variedades mejoradas resistentes a estas enfermedades es la manera más económica y eficiente. El Programa de Cereales del INIAP ha venido trabajando desde hace 61 años, en la generación de nuevas tecnologías o variedades mejoradas, con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad industrial. Durante el 2020, en campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se implementó un ensayo de rendimiento (ER) con 5 líneas avanzadas en un Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones y en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> con el objetivo de evaluar y seleccionar germoplasma de avena con características deseables y adaptado a nuestras condiciones. Este ensayo fue evaluado para establecimiento, vigor, hábito de crecimiento, altura de planta, resistencia a enfermedades, días al panojamiento, días a la cosecha, rendimiento y calidad. Al finalizar el ciclo, se seleccionaron dos líneas promisorias con características superiores, las cuales serán evaluadas durante el ciclo 2021.

*Palabras clave:* avena, adaptación, mejoramiento, productividad, resistencia.

#### Summary

Oat is the sixth most produced cereal in the world, it is grown mainly as a multipurpose cereal (grain and fodder) or as a rotational crop. In Ecuador it is mainly used in the feeding of cattle,

like grain (balanced) or as fodder (grazing, hay or silage) alone or in forage mixtures with legumes. The cultivated area in the Ecuadorian Highlands is 1177 ha with an average yield of 0.74 t ha<sup>-1</sup>. The main limiting diseases for this crop are rusts (crown and stem) that reduce productivity by up to 100% in susceptible materials. The use of improved varieties resistant to these diseases is the most economical and efficient way. The Cereal Program from INIAP has been working for 61 years on the generation of new technologies or improved varieties, with characteristics of resistance to disease, productivity and industrial quality. During 2020, in experimental fields of the Santa Catalina Experimental Station (EESC), the called yield trials (ER) were implemented a yield trial with 5 advanced lines planted under a Random Complete Block Design, in three repetitions and each line planted on plots of 3.6 m<sup>2</sup>. This trial was evaluated for establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days to head, days of harvest, yield and quality. Finally, two promising lines with higher characteristics were selected, which will be evaluated during the 2021 cycle.

*Keywords:* adaptation, oat, plant breeding, productivity, resistance.

## 1. ANTECEDENTES

El origen exacto de la avena no está claro, encontrándose semillas de avena (*Avena sativa* L.) en restos de 4000 años en Egipto. El cultivo de avena comenzó mucho más tarde que el de trigo y cebada. La avena descendió de varias especies silvestres diploides (14 cromosomas) y tetraploides. Estos crecieron principalmente en los países alrededor del mar Mediterráneo, mientras que los trigos primitivos se cultivaron principalmente en el suroeste de Asia (Stevens et al., 2004).

En el mundo la utilización actual de cereales en 2019-2020, se estima en 2722 millones de toneladas, esto es, 33 millones de toneladas (1,2 %) más que en 2018-2019 (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2020). La avena ocupa el sexto lugar en las estadísticas mundiales de producción de cereales y está siendo cultivado como cultivo multipropósito para granos y forraje o como cultivo de rotación en muchas partes del mundo. La avena sigue siendo un cultivo de grano importante para las personas en ecologías marginales en todo el mundo en desarrollo, y en economías desarrolladas para usos especializados. La avena cultivada (*A. sativa* L.), es conocida por su valor en nutrición humana y cuidado de la salud. (Kapoor & Batra, 2016; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2018; Stevens et al., 2004).

En el Ecuador la producción de avena en grano está en las 885 t anuales, siendo la menor registrada en América del sur. Las importaciones en el año 2017 de avena en grano fueron de 37624 t (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), 2018). La avena que se cultiva en Ecuador se emplea principalmente en la alimentación de ganado bovino tanto en grano (balanceados) o como forraje (pastoreo, heno o ensilaje) sola o en mezclas forrajeras con leguminosas.

Las variedades actualmente vigentes que dispone el Instituto son INIAP - 82 (liberada en 1982) una avena de doble propósito (grano y forraje), resultado de procesos de selección de materiales provenientes de la Estación de Tibaitatá ICA, Colombia; e INIAP-Mojanda 90 (liberada en 1990) una avena para alimentación humana, resultado de procesos de selección (Fuentes, 1984; Fuentes & Cazar, 1990). Como ya se mencionó, en Ecuador el principal uso de la avena es como mezcla forrajera, por lo que la generación de germoplasma mejorado

debe enfocarse en la producción de grano y forraje (material de doble propósito), los cuales permitan producir tanto grano para semilla como materia verde para forraje.

En tal virtud, en la actualidad el Programa de Cereales cuenta con material promisorio de avena de doble propósito (grano y forraje), germoplasma con características deseables de rendimiento ( $>3 \text{ t ha}^{-1}$ ), resistente a enfermedades y de buena calidad. Los cuales permitirán a futuro entregar una nueva variedad mejorada de avena a los productores de la Sierra ecuatoriana.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Seleccionar germoplasma mejorado de avena, de alto rendimiento ( $\geq 3 \text{ t ha}^{-1}$ ), buenas características agronómicas, resistente a enfermedades y calidad de grano.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar germoplasma mejorado de avena de doble propósito de alto rendimiento (grano y follaje) y calidad industrial, ciclo 2020.
- Evaluar y seleccionar germoplasma de avena por sus características agronómicas deseables (precocidad, altura, tipo de tallo, tipo de grano, etc.) y resistente a enfermedades, ciclo 2020.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2020 en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), fueron evaluadas cinco líneas de avena en un ensayo de rendimiento (Tabla 28). Los ensayos de investigación se implementaron en el Lote B3 de la EESC del INIAP.

**Tabla 28**

*Ensayo de rendimiento evaluados en la EESC, 2020.*

Ensayos*	Número de líneas evaluadas
ER1	5
Total	5

\* ER1= Ensayo de Rendimiento 1

Las líneas evaluadas se implementaron en campo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de  $3,6 \text{ m}^2$  ( $3,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$ ). Las variables evaluadas fueron: variables agronómicas (porcentaje de emergencia, vigor, hábito de crecimiento, días al panojamiento, 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 (ANOVA) y separación de medias con la prueba DMS al 5%.

### 3.2. Incremento de semilla categoría fitomejorador

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

### 3.3. Manejo de los ensayos

La densidad de siembra fue de 100 kg ha<sup>-1</sup>. Según el análisis del suelo y el requerimiento del cultivo, al momento de la siembra se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (18-46-0) y 150 kg ha<sup>-1</sup> de Sulpomag. Posteriormente al macollamiento se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 15 g ha<sup>-1</sup> de Metsulfuron-metil como herbicida. No se realizan aplicaciones de funguicidas para el control de enfermedades, ya que se evalúa la incidencia y severidad de las enfermedades.

### 3.4. Variables y métodos de evaluación (Ponce-Molina et al., 2019)

- **Rendimiento:** las parcelas fueron cosechadas a la madurez de campo (180-190 días) y el rendimiento fue registrado en t ha<sup>-1</sup>.
- **Peso hectolítrico:** esta variable representa el peso del grano en un volumen específico y se expresó en kg hl<sup>-1</sup> (kilogramos por hectómetro cúbico), para ello se utilizó una balanza de peso específico de cereales.
- **Tipo de grano:** el grano cosechado fue calificado de acuerdo a su forma, color, tamaño, uniformidad y daño.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Ensayo de rendimiento 1 (ER1 AS)

En la Tabla 29, se observa alta significancia estadística, para rendimiento y significancia estadística para peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 3,3 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 48,3 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: AS-11-006 (INIAP-Fortaleza 2020) y AS-11-005 con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas AS-11-006 y AS-17-002 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue excelente, grueso, grande, amarillo (\*\*).

**Tabla 29.**

ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano para líneas de avena del Ensayo de Rendimiento (ER1). EESC, 2020.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>2</sup>
AS-11-006	4,5	49,0	**
AS-11-005	4,5	47,8	**
AS-17-002	3,4	49,9	*
INIAP-82	2,4	48,6	*
AS-17-001	1,0	46,0	*
<b>Coefficiente Variación</b>	<b>13,7</b>	<b>0,9</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>&lt;0,0001 **</b>	<b>0,0241*</b>	
<b>DMS (p&lt;0.05)</b>	<b>0,8</b>	<b>2,1</b>	
<b>Promedio</b>	<b>3,3</b>	<b>48,3</b>	

<sup>1</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

<sup>2</sup>Tipo de grano: \*\*= Grano excelente, grueso, grande, amarillo o blanco, \*= Grano mediano, grueso, blanco o amarillo, += Grano pequeño, delgado, manchado, chupado.

Fuente: Programa de Cereales

Con base a los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron dos líneas de avena: AS-11-005 y AS-17-002, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico y calidad de grano. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento y regionales de avena en el año 2021.

#### ▪ Incremento de semilla con categoría Fitomejorador

Durante el ciclo 2020 en la EESC, se incrementó tres variedades de avena, obteniéndose un total de 135 kg de semilla de categoría fitomejorador, necesaria para implementar ensayos de investigación el año 2021 (Tabla 30).

**Tabla 30**

Variedades de trigo incrementada categoría Básica y seleccionada en la EESC, 2020.

N°	Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-82	45
2	AS-11-006	45
3	AS-11-005	45
<b>Total</b>		<b>135</b>

## 5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 2 líneas promisorias de avena seleccionadas por sus buenas características de rendimiento ( $\geq 3$  t ha<sup>-1</sup>), resistencia a enfermedades y calidad, que

servirá de base para la selección de líneas élites que podrán ser liberadas como futuras variedades mejoradas para los productores de avena del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Continuar con el proceso de mejoramiento y selección de materiales promisorios de avena, que presentan características deseables: agronómicas, alto rendimiento y de calidad industrial, e incluir un análisis de laboratorio para determinar la calidad nutricional potencial del grano y del forraje. Identificando material mejorado que cubra las necesidades de los futuros usuarios.

## 7. REFERENCIAS

Ausemus, E. (1943). Breeding for disease resistance in wheat, oats, barley and flax. *The Botanical Review*, 9(4), 207.

Grains Research Development Corporation (GRDC). (2016). Oats Diseases.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO). (2018). FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>

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>

Stevens, E., Armstrong, K., Bezar, H., Griffin, W., & Hampton, J. (2004). Fodder oats an overview. *Fodder oats: A world overview*, 33, 11–18.

# CAPÍTULO 7

## EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LÍNEAS PROMISORIAS DE TRITICALE (*X Triticosecale* Wittmack)

### (Yield and agronomics characteristics evaluation of promissory triticale lines (*X Triticosecale* Wittmack))

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

### Resumen

El triticale es un cereal producto del cruzamiento del trigo y el centeno. Fue concebido como un cereal para ser cultivado a suelos desfavorables, y como fuente de alimento por su alto contenido proteico. En Ecuador casi no se cultiva este cereal por la falta de variedades vigentes y por desconocimiento de su potencial industrial (balanceado). Las principales enfermedades limitantes para este cultivo son las royas que reducen la productividad hasta un 100% en materiales susceptibles. El uso de variedades mejoradas resistentes a estas enfermedades es la manera más económica y eficiente. El Programa de Cereales del INIAP ha trabajado en la generación de nuevas tecnologías o variedades mejoradas, con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad industrial. Durante el 2020, en campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se implementó un ensayo de rendimiento (ER) con 5 líneas avanzadas; sembrado bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones y en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup>, con el objetivo de evaluar y seleccionar germoplasma de triticale con características deseables y adaptado a nuestras condiciones. Este ensayo fue evaluado para establecimiento, vigor, hábito de crecimiento, altura de planta, resistencia a enfermedades, días al espigamiento, días a la cosecha, rendimiento y calidad. Al finalizar el ciclo, se seleccionaron dos líneas promisorias con características superiores, las cuales serán evaluadas durante el ciclo 2021.

*Palabras clave:* adaptación, mejoramiento, productividad, resistencia, triticale.

### Summary

Triticale is a cereal product from the crossing of wheat and rye. It was conceived as a cereal to be grown in unfavorable soils, and as a food source for its high protein content. In Ecuador,

this cereal is almost not grown due to the lack of improved varieties and ignorance of its industrial potential (balanced). The main limiting diseases for this crop are rusts that reduce productivity by up to 100% in susceptible materials. The use of improved varieties resistant to these diseases is the most economical and efficient way. The Cereal Program from INIAP has worked on the generation of new technologies or improved varieties, with characteristics of disease resistance, productivity and industrial quality. During 2020, in experimental fields of the Santa Catalina Experimental Station (EESC), the called yield trails (ER) were implemented; planted under a Random Complete Block Design, in three repetitions and each line planted on plots of 3.6 m<sup>2</sup>. This trial was evaluated for establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days to spike, harvest days, yield and quality. Finally, two promising lines with higher characteristics were selected, which will be evaluated during the 2021 cycle.

*Keywords:* adaptation, plant breeding, productivity, resistance, triticale.

## 1. ANTECEDENTES

El triticale hexaploide (*x Triticosecale* Wittmack) (AABBRR) fue creado a partir de la cruce de especies de trigo (*Triticum*) (AABB) y centeno (*Secale*) (RR), combinando las propiedades de ambos padres (Tohver et al., 2005). El triticale es un cereal relativamente nuevo. En 1891 el investigador Rimpau reporta el primer triticale fértil. El triticale como actualmente lo conocemos, fue concebido para que llegue a ser un cultivo económico que prospere en muchos de los ambientes ecológicos menos favorecidos del mundo. El triticale ha demostrado que se adapta a suelos ácidos, de pH bajo, en varias regiones del mundo. En otros países, también los triticales han mostrado un rendimiento superior al del trigo. Su mayor resistencia a *Septoria tritici* es una ventaja en regiones donde existe esta enfermedad; tal es el caso de Brasil, Argentina, Etiopía y la cuenca del Mediterráneo (Guerrero, 1992). Su harina es rica en proteínas (promedio 14-15%), lo que sugiere un uso prometedor para la producción de alimentos (Varughese et al., 1987). La mayor proporción de grano de triticale a nivel mundial es destinado a integrar raciones alimenticias de animales, demostrando en algunos experimentos que el triticale incluido en raciones para vacas lactantes, aportando más energía hacia la producción de leche (Belaid, 1994).

El INIAP introdujo en 1967 el primer material genético proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT, en México, para probarlo bajo nuestras condiciones climáticas. El Instituto con el propósito de conocer la calidad industrial del triticale hizo dos estudios en el laboratorio de Farinología, el uno sobre la calidad industrial de 11 variedades de triticale, y otro, sobre el comportamiento de panificación de 3 líneas promisorias, en 3 niveles de sustitución de harinas comerciales de trigo (INIAP, s.f.; INIAP, 1980). En la década de los 80 el Programa de Cereales del INIAP liberó las primeras variedades de triticale: INIAP-Mana 82, que no logró una adecuada aceptación por parte de los agricultores principalmente por su grano liviano, e INIAP-Promesa 85 cuya mayor desventaja era su prolongado ciclo vegetativo, a lo cual se sumó su repentina pérdida de resistencia a roya amarilla. Posteriormente el INIAP seleccionó una línea élite, INIAP-Triticale 2000, destinada para uso en la alimentación animal, en raciones alimenticias para diferentes especies como cerdos, aves o ganado bovino; proveniente de una cruce realizada por el CIMMYT e introducida en 1991 al programa de

cereales, pero al momento del lanzamiento mostró pérdida de resistencia a roya amarilla (INIAP, 2000). Cabe recalcar que en Ecuador no existe el cultivo comercial de triticale.

En la actualidad el Programa de Cereales del INIAP, cuenta con germoplasma mejorado que se está evaluando en campos experimentales, entre estos materiales se cuenta con líneas promisorias provenientes del CIMMYT. Estos materiales serán evaluados en campos experimentales que permitirán seleccionar germoplasma mejorado que será posteriormente evaluado y seleccionado en campos de productores de la Sierra ecuatoriana, materiales que cumplan con sus requerimientos y/o necesidades como resistencia a enfermedades, productividad ( $>3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y calidad.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Seleccionar germoplasma mejorado de triticale, de alto rendimiento ( $3 \text{ t ha}^{-1}$ ), buenas características agronómicas, resistente a enfermedades y calidad de grano.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar germoplasma mejorado de triticale adaptado a condiciones de la Estación Experimental Santa Catalina y características deseables de resistencia a enfermedades, alto rendimiento y calidad industrial, ciclo 2020.
- Evaluar y seleccionar germoplasma de triticale por sus características agronómicas deseables (precocidad, altura, tipo de grano y tamaño de espiga).
- Evaluar y seleccionar germoplasma de triticale resistente a roya amarilla (*P. striiformis*), roya de la hoja (*P. triticina*), virus del enanismo amarillo (BYDV) y *Fusarium* spp., ciclo 2020.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2020 en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), fueron evaluadas 5 líneas de triticale distribuidas en un ensayo de rendimiento (Tabla 31). Los ensayos de investigación se implementaron en el Lote B3 de la EESC del INIAP.

**Tabla 31**

*Ensayo de rendimiento evaluados en la EESC, 2020.*

Ensayos	Número de líneas evaluadas
ER1	5
Total	5

\* ER1= Ensayo de Rendimiento 1

Las líneas evaluadas se implementaron en campo bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de 3,6 m<sup>2</sup> (3,0 m x 1,2 m). Las variables evaluadas fueron: 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 (ANOVA) y separación de medias con la prueba DMS al 5%.

### 3.2. Incremento de semilla categoría fitomejorador

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

### 3.3. Manejo de los ensayos

La densidad de siembra fue de 180 kg ha<sup>-1</sup>. Según el análisis de suelo y el requerimiento del cultivo, al momento de la siembra se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (18-46-0) y 150 kg ha<sup>-1</sup> de Sulpomag. Posteriormente al macollamiento se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 15 g ha<sup>-1</sup> de Metsulfuron-metil como herbicida. No se realizan aplicaciones de funguicidas para el control de enfermedades, ya que se evalúa la incidencia y severidad de las enfermedades.

### 3.4. Variables y métodos de evaluación (Ponce-Molina et al., 2019)

- **Rendimiento:** las parcelas fueron cosechadas a la madurez de campo (180-190 días) y el rendimiento fue registrado en t ha<sup>-1</sup>.
- **Peso hectolítrico:** esta variable representa el peso del grano en un volumen específico y se expresó en kg hl<sup>-1</sup> (kilogramos por hectólitro), para ello se utilizó una balanza de peso específico de cereales.
- **Tipo de grano:** el grano cosechado fue calificado de acuerdo a su forma, color, tamaño, uniformidad y daño.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Ensayo de rendimiento 1 (ER1 TCL)

En la Tabla 32, no se observa significancia estadística para rendimiento, pero si una alta significancia estadística para peso hectolítrico. El promedio general del ensayo fue 8,5 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 69,6 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TCL-10-004 y TCL-10-001, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico la línea TCL-10-004 presentó los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue de grano mediano/bueno y de color rojo (2R).

**Tabla 32**

ANOVA y Fisher al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano para líneas de triticale del Ensayo de Rendimiento (ER1). EESC, 2020.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano <sup>2</sup>
TCL-10-004	10,3	71,4	1R
TCL-10-001	8,8	69,8	2R
TRITICALE 2000	8,0	67,8	2R
TCL-10-007	7,9	69,1	2R
TCL-11-006	7,3	69,7	2R
<b>Coefficiente Variación</b>	<b>13,2</b>	<b>0,9</b>	
<b>P valor<sup>a</sup></b>	<b>0,071 n.s.</b>	<b>&lt;0,0011**</b>	
<b>DMS (p&lt;0.05)</b>	<b>--</b>	<b>1,2</b>	
	<b>8,5</b>	<b>69,6</b>	

<sup>1</sup>Nivel de significancia 5%: (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

<sup>2</sup>Tipo de grano: (1) grande, (2) mediano, (3) pequeño, delgado, chupado/ (B) Blanco (R) Rojo/ (\*).

Fuente: PC, 2020.

Con base en los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron dos líneas de triticale: TCL-10-004 y TCL-10-001, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico y calidad de grano. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento y regionales de triticale en el año 2021.

#### 4.2. Incremento de semilla con categoría Fitomejorador y Seleccionada.

Durante el ciclo 2020 en la EESC, se incrementó dos materiales de triticale, obteniéndose un total de 90 kg de semilla de categoría fitomejorador, necesaria para implementar ensayos de investigación en el año 2021 (Tabla 33).

**Tabla 33**

Variedades de trigo incrementada categoría Básica y seleccionada en la EESC, 2020.

N°	Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Triticale 2000	45
2	TCL-10-004	45
	<b>Total</b>	<b>90</b>

## 5. CONCLUSIONES

El Programa de Cereales cuenta con 2 líneas promisorias de triticale seleccionadas por sus buenas características de rendimiento ( $\geq 3$  t ha<sup>-1</sup>), resistencia a enfermedades y calidad, que servirá de base para la selección de líneas élites que podrán ser liberadas como futuras variedades mejoradas para los productores de cereales del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Continuar con el proceso de mejoramiento y selección de materiales promisorios de triticale, que presentan características deseables: agronómicas, alto rendimiento y de calidad industrial, e incluir un análisis de laboratorio para determinar el potencial nutricional de los materiales, para seleccionar materiales que cubran las necesidades de los futuros usuarios.

## 7. REFERENCIAS

Belaid, A. (1994). Nutritive and economic value of triticale as a feed grain for poultry. CIMMYT.

Guerrero, A. (1992). Cultivos Herbáceos Extensivos, 5ta Edición, Ed. Mundi-Prensa, España.

Tohver, M., Kann, A., Täht, R., Mihhalevski, A., & Hakman, J. (2005). Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. *Food Chemistry*, 89(1), 125–132.

Varughese, G., Barker, T., & Saari, E. (1987). Triticale CIMMYT. Mexico, DF, 32.

# CAPÍTULO 8

## EVALUACIÓN Y MONITOREO DE LÍNEAS DIFERENCIALES DE CEREALES, AÑO 2020

(Monitoring and evaluation of cereal differentials lines, year 2020)

Luis Ponce-Molina<sup>1\*</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Patricio Noroña<sup>1</sup>, Diego Campaña<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Técnico Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

\*Autor de Correspondencia ([luis.ponce@iniap.gob.ec](mailto:luis.ponce@iniap.gob.ec))

### Resumen

Una forma de estudiar enfermedades, es mediante el uso de variedades diferenciales, las cuales permiten distinguir biotipos o patotipos (razas) por sus diferencias cualitativas (genes) en reacciones a diferentes cepas de patógenos. Las líneas diferenciales 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 del INIAP cuenta con sets de diferenciales para trigo y cebada compuesto por 29 y 13 líneas, respectivamente, los cuales son sembrados y evaluados anualmente. Durante el ciclo 2020 se pudo observar que siguen siendo efectivos los genes Yr5, Yr10, Yr15, Yr17 y YrSP para royas del trigo, y los genes rpsHi1, rpsHi2, rpsVa1, Rps4 y rpsAst para royas en cebada. Estos materiales serán evaluados en el ciclo 2021 para continuar su monitoreo.

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

### Summary

One way to study diseases is through the use of differential varieties, which allow to distinguish biotypes or pathogens (races) by their qualitative differences (genes) in reactions to different strains of pathogens. The differential lines 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 of INIAP has a set of wheat and barley differentials composed of 29 and 13 lines, respectively, which are sown and evaluated annually. During the 2020 cycle it was observed that the Yr5, Yr10, Yr15, Yr17 and YrSP genes for wheat rusts are effective, and the rpsHi1, rpsHi2, rpsVa1, Rps4 y rpsAst genes for barley rusts remain effective. These materials will be evaluated in the cycle 2021 for continue their monitoring.

*Keywords:* barley and wheat, differentials lines, resistance genes, rusts.

## 1. ANTECEDENTES

Los hongos de la roya (*Phylum Basidiomycota, Teliomycetes, Pucciniales*) son de distribución comunitaria y parasitan una amplia gama de plantas, incluidas helechos, coníferas, y la mayoría de las familias de angiospermas dicotiledóneas y monocotiledóneas. En la naturaleza, los hongos de la roya son fitopatógenos biotróficos altamente especializados con la capacidad de cambiar y adquirir virulencia para cultivares resistentes, siendo capaces de diseminarse y extenderse rápidamente a grandes distancias. (Park et al., 2015)

Las recurrentes epidemias 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*). El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP, anualmente evalúa los diferenciales de trigo y cebada para monitorear la posible evolución de las razas de royas presentes en la EESC.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo General

Evaluar los genes de resistencia a roya amarilla en un set de líneas diferenciales de cebada y trigo.

### 2.2. Objetivo específicos

- Evaluar la severidad y tipo de reacción en líneas diferenciales de trigo a roya amarilla, ciclo 2020.
- Evaluar la severidad y tipo de reacción en líneas diferenciales de cebada a roya amarilla, ciclo 2020.

## 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

### 4.1. Diferenciales de trigo

El nivel de infección en roya amarilla fue del 70 % en las líneas AVOCET+YRA, YR9/6\*AOC, AVOCET-YRA y 90 % de infección en el testigo susceptible MOROCCO. Entretanto en la espiga presentaron 14 líneas del 40 al 70 % de infección. De las 29 líneas evaluadas 23 presentaron reacción de susceptibilidad a *P. striiformis*. Las restantes 6 líneas/genes fueron moderadamente resistentes, con infecciones de 20 %. Por su parte, *P. triticina*, fue posible identificar en 10 líneas susceptibles, la línea que presentó el mayor nivel de infestación fue YR15/6\*AOC con 60 % seguida por YR5/6\*AOC con 50%. (Tabla 34)

**Tabla 34**

Severidad y tipo de reacción a royas en diferenciales de trigo evaluados en la EESC, 2020.

Línea	<i>P.striiformis</i> <sup>1</sup>		<i>P. triticina</i> <sup>1</sup>		Gen <sup>3</sup>	
	Hoja	Espiga	Hoja	TR <sup>2</sup>		
	(%)	TR <sup>2</sup>	(%)	(%)		
MOROCCO	90	S	40	-	-	Susceptible
AVOCET-YRA	70	S	50	-	-	(-)Yr
AVOCET+YRA	70	S	40	-	-	(+)Yr
YR1/6*AOC	70	S	40	-	-	Yr1
SIETE CERROS T66	60	S	70	-	-	Yr2
TATARA	60	S	1	20	MS	Yr3
YR5/6*AOC	20	MR	1	50	S	Yr5
YR6/6*AOC	50	S	30	20	MS	Yr6
YR7/6*AOC	80	S	60	-	-	Yr7
YR8/6*AOC (menor)	50	S	1	30	MS	Yr8
YR9/6*AOC	80	S	60	-	-	Yr9
YR10/6*AOC	20	MR	15	30	MS	Yr10
YR15/6*AOC	20	MR	1	60	MS	Yr15
YR17/6*AOC	20	MR	30	15	MR	Yr17
YR18/3*AOC	80	S	40	-	-	Yr18
YR24/3*AOC	80	S	10	-	-	Yr24
YR26/3*AOC	80	S	10	-	-	Yr26
YR27/6*AOC	90	S	60	-	-	Yr27
YR sp/6*AOC	20	MR	1	20	MS	YrSP
PAVON F 76 (menores)	60	MS	30	-	-	Yr29-Yr30
SERI M82	80	S	60	-	-	Yr9-Yr29
OPATA M85	70	S	40	-	-	Yr27-Yr18
SUPER KAUZ	70	S	50	-	-	Yr18-Yr9- Yr27
YRCV / 6*AOC	40	MS	40	-	-	-
PBW343	60	S	30	-	-	-
AOC-YR*3/3ALTAR 84/ AE.SQ//OPATA	40	MS	1	20	MS	Yr28
AOC-YR*3// LALBMONO1*4PVN	70	S	15	20	MS	Yr29
AOC-YR*3/PASTOR	80	S	60	-	-	Yr31
POLLMER-2.1.1	20	MR	10	-	-	-
Promedio	59		31	10		

<sup>1</sup>Porcentaje de infección en *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*, *Puccinia triticina*.

<sup>2</sup>TR: Tipo de Reacción; <sup>3</sup>Gen: Gen conocido de la virulencia.

Fuente: Programa de Cereales, 2020.

## 4.2. Diferenciales de cebada

Para roya amarilla (*P. striiformis*) el testigo susceptible TOPPER alcanzó 50% de severidad; las líneas que presentaron mayor severidad fueron Big0 e I5 con 60 y 50%, respectivamente. Debido a la pandemia a nivel nacional no se realizó la evaluación en la época adecuada, por lo tanto, en 5 de los 13 materiales evaluados no fue posible tomar la lectura de roya amarilla. De las 8 líneas que se evaluó cinco tuvieron reacción de mediana susceptibilidad a susceptibilidad a *P. striiformis*. Las restantes 3 líneas/genes fueron resistentes o moderadamente resistentes, con infecciones de 15 % o menos. Para roya de la hoja (*P. hordei*) 8 de las 13 líneas presentaron valores altos de severidad con infecciones de 50 a 60% y reacciones de susceptibilidad, entre tanto, que las restantes 5 líneas presentaron niveles de severidad de 10 a 30%. (Tabla 35)

**Tabla 35**

Promedios de enfermedades del ensayo de diferenciales de cebada evaluados en la EESC, 2020.

Línea	<i>P. striiformis</i> <sup>1</sup>			<i>P. hordei</i> <sup>1</sup>		Gen <sup>3</sup>
	Hoja		Espiga	Hoja	TR <sup>2</sup>	
	(%)	TR <sup>2</sup>	(%)	(%)		
TOPPER	50	S	-	60	S	Susceptible
HEILS FRANKEN	-	-	-	20	MR	Rps4, rpsHF
EMIR	-	-	-	60	S	rpsEm1, rpsEm2
ASTRIX	15	MR	10	10	R	Rps4, rpsAst
HIPROLY	10	MR	0	10	R	rpsHi1, rpsHi2
VARUDA	-	-	-	50	S	rpsVa1, rpsVa2
ABED BINDER 12	-	-	-	50	S	rps2
TRUMPF	-	-	-	60	S	rpsTr1, rpsTr2
MAZURKA	40	MS	0	50	S	Rps1.c
BIG O	60	S	0	20	MR	Rps1.b
I5	50	S	0	30	MS	Rps3, rpsI5
BANCROFT	40	S	0	60	S	RpsBa
LPGJCJ-023	15	MR	0	50	S	-
Promedios	20		1	40		
Líneas evaluadas	13					

<sup>1</sup>Royas: Porcentaje de infección en *Puccinia striiformis* f.sp. *hordei*, *Puccinia hordei*.

<sup>2</sup>TR: Tipo de reacción; <sup>3</sup>Gen: Gen conocido de resistencia.

Fuente: Programa de Cereales, 2020.

## 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 Yr5, Yr10, Yr15, Yr17 y YrSP para trigo y para para el caso de cebada rpsHi1, rpsHi2, rpsVa1, Rps4 y rpsAst.

## 6. RECOMENDACIONES

Continuar con el seguimiento y evaluación de los diferenciales tanto de trigo como de cebada, para monitorear e identificar los genes activos de resistencia a royas y la posible evolución de estas enfermedades que afectan a estos cultivos en el Ecuador.

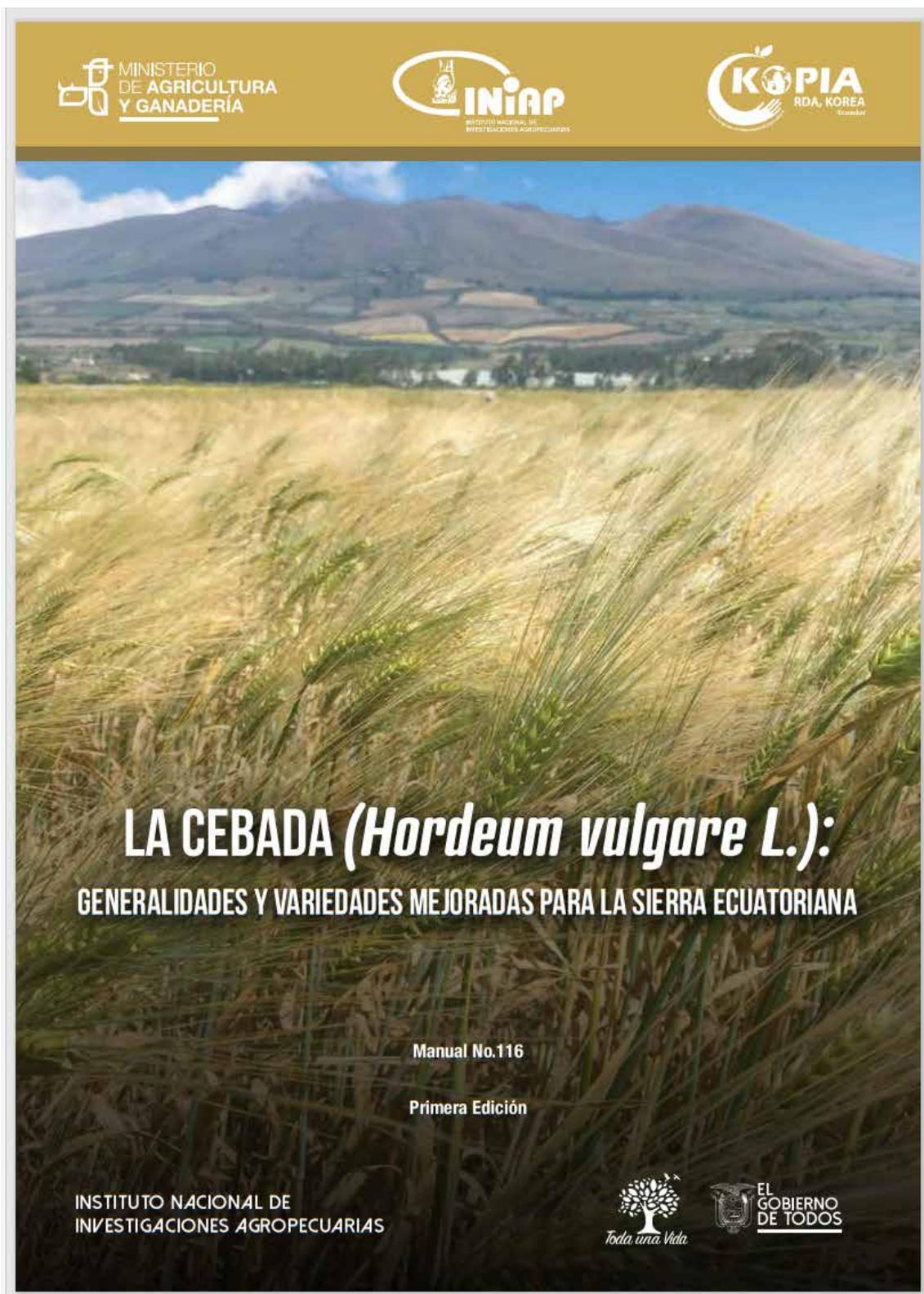
## 7. REFERENCIAS

- Park, R. F., Golegaonkar, P. G., Derevnina, L., Sandhu, K. S., Karaoglu, H., Elmansour, H. M., Dracatos, P. M., and Singh, D. (2015). Leaf rust of cultivated barley: Pathology and control. *Annual review of phytopathology*, 53, 565–589.
- 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*.

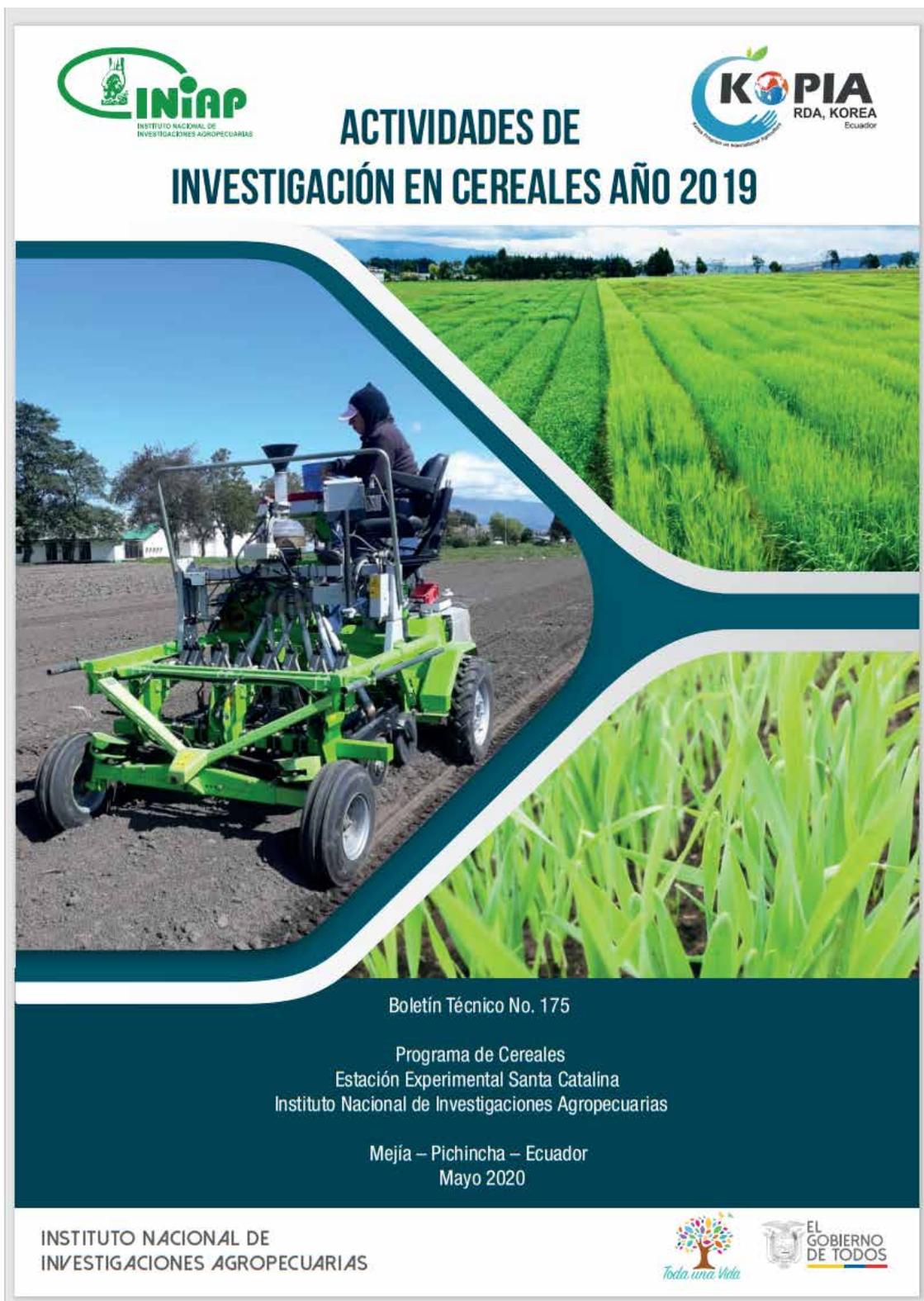


# **ANEXOS**

**ANEXO 1. Manual Técnico No. 116, Publicado por el INIAP  
y Centro KOPIA-Ecuador, en Febrero del 2020.**



**ANEXO 2. Boletín Técnico No. 175, publicado por INIAP  
y Centro KOPIA-Ecuador, en Mayo del 2020.**



**ANEXO 3. Análisis de suelo de los lotes con las técnicas de conservación aplicadas, en las localidades de las cuatro provincias que intervienen en el Proyecto KOPIA, Año 2020.**

N°	Fecha Muestreo	Código Laboratorio	Código Cereales	Provincias	Localidades	RESULTADOS LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS (LASPA)																	
						PH	N ppm	P ppm	K meq/100gmeq/100g	Ca meq/100gmeq/100g	Mg meq/100g	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Bases meq/100g	MO %							
<b>PROVINCIA DE IMBABURA</b>																							
1		21-0001	IM-UG-AVL1-MS1-20	Imbabura	Ugsha	6,13	LAC	95	A	28	A	0,29	M	12,10	A	2,05	A	5,89	7,18	49,47	14,43	2,1	A
2	08/06/2020	21-0002	IM-UG-AVL1-MS2-20	Imbabura	Ugsha	5,88	MeAc	83	A	42	A	0,29	M	12,12	A	2,12	A	5,73	7,19	48,37	14,53	1,9	M
3		21-0003	IM-UG-AVL1-MS3-20	Imbabura	Ugsha	5,98	MeAc	120	A	48	A	0,41	A	13,22	A	1,72	A	7,69	4,18	36,38	15,35	2,2	A
<b>PROMEDIO</b>						<b>6,00</b>		<b>99,33</b>		<b>39,33</b>		<b>0,33</b>		<b>12,48</b>		<b>1,96</b>		<b>6,44</b>	<b>6,18</b>	<b>44,74</b>	<b>14,77</b>	<b>2,07</b>	
<b>D.E</b>						<b>0,13</b>		<b>18,88</b>		<b>10,26</b>		<b>0,07</b>		<b>0,64</b>		<b>0,21</b>		<b>1,09</b>	<b>1,73</b>	<b>7,26</b>	<b>0,50</b>	<b>0,15</b>	
<b>CV (%)</b>						<b>2,10</b>		<b>19,00</b>		<b>26,09</b>		<b>20,99</b>		<b>5,14</b>		<b>10,88</b>		<b>16,91</b>	<b>28,06</b>	<b>16,23</b>	<b>3,42</b>	<b>7,39</b>	
4		21-0004	IM-UG-AVL2-MS4-20	Imbabura	Ugsha	5,94	MeAc	164	A	70	A	0,53	A	13,96	A	2,14	A	6,54	4,00	30,18	16,63	2,4	A
5	08/06/2020	21-0005	IM-UG-AVL2-MS5-20	Imbabura	Ugsha	5,86	MeAc	138	A	40	A	0,28	M	12,25	A	1,74	A	7,06	6,10	49,17	14,27	2,1	A
6		21-0006	IM-UG-AVL2-MS6-20	Imbabura	Ugsha	5,99	MeAc	144	A	39	A	0,39	A	13,10	A	1,88	A	6,96	4,82	38,35	15,37	2,2	A
<b>PROMEDIO</b>						<b>5,93</b>		<b>148,67</b>		<b>49,67</b>		<b>0,40</b>		<b>13,10</b>		<b>1,92</b>		<b>6,85</b>	<b>4,97</b>	<b>39,23</b>	<b>15,42</b>	<b>2,23</b>	
<b>D.E</b>						<b>0,07</b>		<b>13,61</b>		<b>17,62</b>		<b>0,13</b>		<b>0,86</b>		<b>0,20</b>		<b>0,28</b>	<b>1,06</b>	<b>9,53</b>	<b>1,18</b>	<b>0,15</b>	
<b>CV (%)</b>						<b>1,11</b>		<b>9,16</b>		<b>35,47</b>		<b>31,32</b>		<b>6,53</b>		<b>10,57</b>		<b>4,03</b>	<b>21,28</b>	<b>24,28</b>	<b>7,66</b>	<b>6,84</b>	

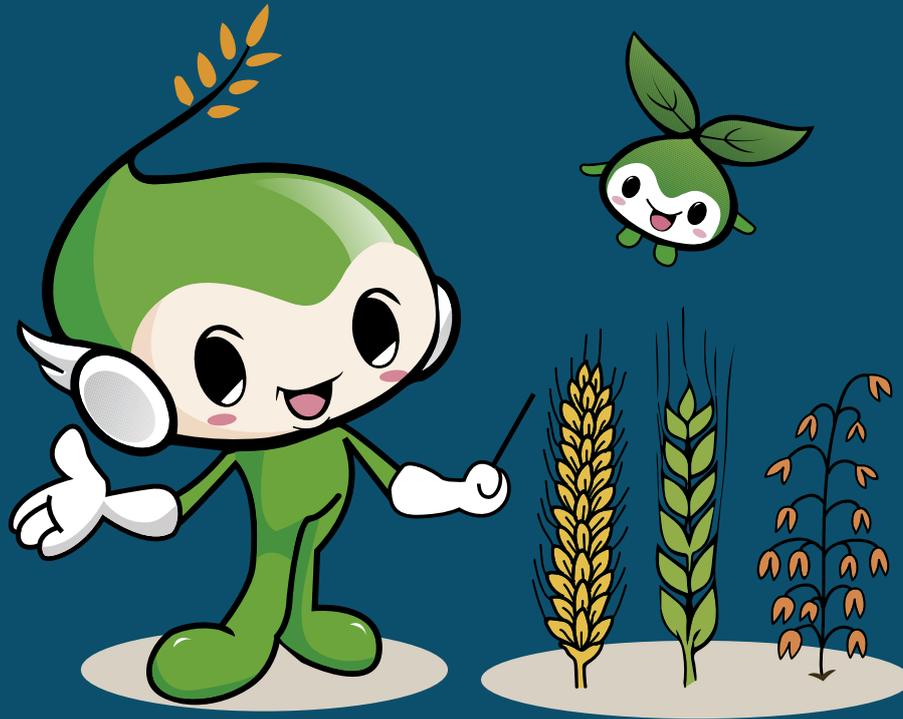
ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN EN CEREALES AÑO 2020

N°	Fecha Muestreo	Código Laboratorio	Código Cereales	Provincias	Localidades	PH	N	P	K	Ca	Mg	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Bases meq/100g	MO %									
																	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g	meq/100g			
<b>PROVINCIA DE PICHINCHA</b>																									
7	17/08/2020	21-0007	PI-TA-SC-MS1-20	Pichincha	El Tambo	6,01	LAC	65	A	47	A	0,31	A	8,68	A	1,36	A	6,40	A	4,39	A	32,48	10,34	2,2	A
8		21-0008	PI-TA-SC-MS1-20	Pichincha	El Tambo	6,03	LAC	77	A	33	A	0,48	A	10,45	A	1,75	A	5,97	A	3,63	A	25,28	12,68	2,7	A
9		21-0009	PI-TA-SC-MS1-20	Pichincha	El Tambo	5,98	MeAC	62	A	38	A	0,50	A	9,66	A	1,80	A	5,37	A	3,59	A	22,89	11,96	2,5	A
		<b>PROMEDIO</b>				<b>6,01</b>		<b>68,00</b>		<b>39,33</b>		<b>0,43</b>		<b>9,60</b>		<b>1,64</b>		<b>5,91</b>		<b>3,87</b>		<b>26,88</b>	<b>11,66</b>	<b>2,47</b>	
		<b>D.E</b>				<b>0,03</b>		<b>7,94</b>		<b>7,09</b>		<b>0,10</b>		<b>0,89</b>		<b>0,24</b>		<b>0,52</b>		<b>0,45</b>		<b>4,99</b>	<b>1,20</b>	<b>0,25</b>	
		<b>CV (%)</b>				<b>0,42</b>		<b>11,67</b>		<b>18,04</b>		<b>24,28</b>		<b>9,24</b>		<b>14,72</b>		<b>8,75</b>		<b>11,65</b>		<b>18,57</b>	<b>10,28</b>	<b>10,20</b>	
10	16/06/2020	21-0010	PI-CO-SC-MS1-20	Pichincha	Cochasqui	6,79	PN	58	A	64	A	0,76	A	8,81	A	1,42	A	6,20	A	1,87	A	13,48	10,99	1,1	M
11	16/06/2020	21-0011	PI-CO-SC-MS2-20	Pichincha	Cochasqui	6,41	LAC	69	A	78	A	0,60	A	8,20	A	1,24	A	6,59	A	2,08	A	15,76	10,04	1,2	M
12	16/06/2020	21-0012	PI-CO-SC-MS3-20	Pichincha	Cochasqui	6,46	LAC	69	A	58	A	0,59	A	7,65	A	1,29	A	5,93	A	2,17	A	15,07	9,53	1,2	M
		<b>PROMEDIO</b>				<b>6,55</b>		<b>65,33</b>		<b>66,67</b>		<b>0,65</b>		<b>8,22</b>		<b>1,32</b>		<b>6,24</b>		<b>2,04</b>		<b>15,42</b>	<b>10,19</b>	<b>1,17</b>	
		<b>D.E</b>				<b>0,21</b>		<b>6,35</b>		<b>10,26</b>		<b>0,10</b>		<b>0,58</b>		<b>0,09</b>		<b>0,33</b>		<b>0,15</b>		<b>0,49</b>	<b>0,74</b>	<b>0,06</b>	
		<b>CV (%)</b>				<b>3,15</b>		<b>9,72</b>		<b>15,39</b>		<b>14,68</b>		<b>7,06</b>		<b>7,06</b>		<b>5,32</b>		<b>7,55</b>		<b>3,17</b>	<b>7,27</b>	<b>4,95</b>	
13	16/06/2020	21-0013	PI-CO-SD-MS1-20	Pichincha	Cochasqui	6,42	LAC	71	A	72	A	0,78	A	10,01	A	2,01	A	4,97	A	2,58	A	15,41	12,81	1,5	M
14	16/06/2020	21-0014	PI-CO-SD-MS2-20	Pichincha	Cochasqui	6,31	LAC	65	A	59	A	0,63	A	10,22	A	1,96	A	5,22	A	3,10	A	19,30	12,81	1,5	M
15	16/06/2020	21-0015	PI-CO-SD-MS3-20	Pichincha	Cochasqui	6,34	LAC	61	A	67	A	0,82	A	9,38	A	1,41	A	6,66	A	1,72	A	13,18	11,61	1,5	M
		<b>PROMEDIO</b>				<b>6,36</b>		<b>65,67</b>		<b>66,00</b>		<b>0,74</b>		<b>9,87</b>		<b>1,79</b>		<b>5,62</b>		<b>2,47</b>		<b>15,96</b>	<b>12,41</b>	<b>1,50</b>	
		<b>D.E</b>				<b>0,06</b>		<b>5,03</b>		<b>6,56</b>		<b>0,10</b>		<b>0,44</b>		<b>0,33</b>		<b>0,91</b>		<b>0,70</b>		<b>3,10</b>	<b>0,69</b>	<b>0,00</b>	
		<b>CV (%)</b>				<b>0,89</b>		<b>7,66</b>		<b>9,94</b>		<b>13,48</b>		<b>4,43</b>		<b>18,56</b>		<b>16,24</b>		<b>28,25</b>		<b>19,40</b>	<b>5,58</b>	<b>0,00</b>	
16	16/06/2020	21-0016	PI-CO-CR-MS1-20	Pichincha	Cochasqui	6,16	LAC	81	A	109	A	0,67	A	9,88	A	1,83	A	5,40	A	2,71	A	17,38	12,38	1,5	M
17	16/06/2020	21-0017	PI-CO-CR-MS2-20	Pichincha	Cochasqui	6,36	LAC	74	A	83	A	0,74	A	10,64	A	1,85	A	5,76	A	2,49	A	16,82	13,23	1,6	M
18	16/06/2020	21-0018	PI-CO-CR-MS3-20	Pichincha	Cochasqui	6,33	LAC	69	A	62	A	0,52	A	9,21	A	1,63	A	5,66	A	3,16	A	21,02	11,36	1,4	M
		<b>PROMEDIO</b>				<b>6,28</b>		<b>74,67</b>		<b>84,67</b>		<b>0,64</b>		<b>9,91</b>		<b>1,77</b>		<b>5,61</b>		<b>2,79</b>		<b>18,41</b>	<b>12,32</b>	<b>1,50</b>	
		<b>D.E</b>				<b>0,11</b>		<b>6,03</b>		<b>23,54</b>		<b>0,11</b>		<b>0,72</b>		<b>0,12</b>		<b>0,19</b>		<b>0,34</b>		<b>2,28</b>	<b>0,94</b>	<b>0,10</b>	
		<b>CV (%)</b>				<b>1,72</b>		<b>8,07</b>		<b>27,81</b>		<b>17,47</b>		<b>7,22</b>		<b>6,87</b>		<b>3,31</b>		<b>12,26</b>		<b>12,39</b>	<b>7,60</b>	<b>6,67</b>	
19	16/06/2020	21-0019	PI-CO-AV-MS1-20	Pichincha	Cochasqui	6,28	LAC	74	A	91	A	0,69	A	7,44	A	1,14	A	6,54	A	1,66	A	12,52	9,27	1,3	M
20	16/06/2020	21-0020	PI-CO-AV-MS2-20	Pichincha	Cochasqui	6,37	LAC	74	A	92	A	0,73	A	9,17	A	1,42	A	6,45	A	1,95	A	14,49	11,33	1,3	M
21	16/06/2020	21-0021	PI-CO-AV-MS3-20	Pichincha	Cochasqui	6,23	LAC	77	A	86	A	0,59	A	9,40	A	1,43	A	6,55	A	2,44	A	18,44	11,42	1,3	M
		<b>PROMEDIO</b>				<b>6,29</b>		<b>75,00</b>		<b>89,67</b>		<b>0,67</b>		<b>8,67</b>		<b>1,33</b>		<b>6,51</b>		<b>2,02</b>		<b>15,15</b>	<b>10,67</b>	<b>1,30</b>	
		<b>D.E</b>				<b>0,07</b>		<b>1,73</b>		<b>3,21</b>		<b>0,07</b>		<b>1,07</b>		<b>0,16</b>		<b>0,06</b>		<b>0,39</b>		<b>3,01</b>	<b>1,22</b>	<b>0,00</b>	
		<b>CV (%)</b>				<b>1,13</b>		<b>2,31</b>		<b>3,59</b>		<b>10,76</b>		<b>12,36</b>		<b>12,38</b>		<b>0,85</b>		<b>19,55</b>		<b>11,39</b>	<b>11,39</b>	<b>0,00</b>	

N°	Fecha Muestreo	Código Laboratorio	Código Cereales	Provincias	Localidades	RESULTADOS LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS (LASPA)																		
						PH	N ppm	P ppm	K meq/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Bases meq/100g	MO %								
																	PROVINCIA DE BOLÍVAR							
24	03/06/2020	21-0024	BO-TA-SC-MS1-20	Bolivar	Tanizahua	7,42	PN	21	B	20	M	3,82	A	28,07	A	7,03	A	3,99	A	1,84	9,18	38,92	2,4	A
25		21-0025	BO-TA-SC-MS2-20	Bolivar	Tanizahua	6,97	PN	71	A	36	A	1,30	A	20,43	A	5,25	A	3,89	A	4,03	19,71	26,98	2,0	A
26		21-0026	BO-TA-SC-MS3-20	Bolivar	Tanizahua	6,63	PN	60	M	30	A	1,21	A	21,02	A	4,76	A	4,42	A	3,92	21,24	26,99	2,4	A
			<b>PROMEDIO</b>			<b>7,01</b>		<b>50,67</b>		<b>28,67</b>		<b>2,11</b>		<b>23,17</b>		<b>5,68</b>		<b>4,10</b>		<b>3,26</b>	<b>16,71</b>	<b>30,96</b>	<b>2,27</b>	
			<b>D.E</b>			<b>0,40</b>		<b>26,27</b>		<b>8,08</b>		<b>1,48</b>		<b>4,25</b>		<b>1,19</b>		<b>0,28</b>		<b>1,23</b>	<b>6,57</b>	<b>6,89</b>	<b>0,23</b>	
			<b>CV (%)</b>			<b>5,66</b>		<b>51,86</b>		<b>28,20</b>		<b>70,22</b>		<b>18,34</b>		<b>21,03</b>		<b>6,87</b>		<b>37,81</b>	<b>39,29</b>	<b>22,25</b>	<b>10,19</b>	
27	03/06/2020	21-0027	BO-TA-AV-MS4-20	Bolivar	Tanizahua	7,61	LAI	43	M	10	M	2,18	A	17,91	A	6,26	A	2,86	A	2,87	11,09	26,35	1,4	M
28		21-0028	BO-TA-AV-MS5-20	Bolivar	Tanizahua	7,30	PN	56	M	9	B	1,73	A	15,70	A	5,65	A	2,78	A	3,27	12,35	23,08	1,2	M
29		21-0029	BO-TA-AV-MS6-20	Bolivar	Tanizahua	6,51	PN	50	M	14	M	1,11	A	13,85	A	4,15	A	3,34	A	3,74	16,22	19,11	1,9	M
			<b>PROMEDIO</b>			<b>7,14</b>		<b>49,67</b>		<b>11,00</b>		<b>1,67</b>		<b>15,82</b>		<b>5,35</b>		<b>2,99</b>		<b>3,29</b>	<b>13,22</b>	<b>22,85</b>	<b>1,50</b>	
			<b>D.E</b>			<b>0,57</b>		<b>6,51</b>		<b>2,65</b>		<b>0,54</b>		<b>2,03</b>		<b>1,09</b>		<b>0,30</b>		<b>0,44</b>	<b>2,67</b>	<b>3,63</b>	<b>0,36</b>	
			<b>CV (%)</b>			<b>7,94</b>		<b>13,10</b>		<b>24,05</b>		<b>32,11</b>		<b>12,85</b>		<b>20,28</b>		<b>10,12</b>		<b>13,22</b>	<b>20,22</b>	<b>15,87</b>	<b>24,04</b>	
30	12/08/2020	21-0030	BO-TA-AV-MS7-20	Bolivar	Tanizahua	7,28	PN	40	M	48	A	3,17	A	23,42	A	5,74	A	4,08	A	1,81	9,19	32,34	2,7	A
31		21-0031	BO-TA-AV-MS8-20	Bolivar	Tanizahua	6,84	PN	31	M	22	A	1,60	A	17,26	A	5,43	A	3,18	A	3,40	14,21	24,29	2,4	A
32		21-0032	BO-TA-AV-MS9-20	Bolivar	Tanizahua	6,64	PN	49	M	16	M	1,38	A	14,66	A	4,23	A	3,47	A	3,07	13,71	20,26	2,1	A
			<b>PROMEDIO</b>			<b>6,92</b>		<b>40,00</b>		<b>28,67</b>		<b>2,05</b>		<b>18,45</b>		<b>5,13</b>		<b>3,58</b>		<b>2,76</b>	<b>12,37</b>	<b>25,63</b>	<b>2,40</b>	
			<b>D.E</b>			<b>0,33</b>		<b>9,00</b>		<b>17,01</b>		<b>0,98</b>		<b>4,50</b>		<b>0,80</b>		<b>0,46</b>		<b>0,84</b>	<b>2,77</b>	<b>6,15</b>	<b>0,30</b>	
			<b>CV (%)</b>			<b>4,73</b>		<b>22,50</b>		<b>59,34</b>		<b>47,62</b>		<b>24,39</b>		<b>15,54</b>		<b>12,84</b>		<b>30,40</b>	<b>22,35</b>	<b>24,00</b>	<b>12,50</b>	
33	03/06/2020	21-0033	BO-CH-SC-MS1-20	Bolivar	Churubamba	6,79	PN	54	M	17	M	1,12	A	24,22	A	6,02	A	4,02	A	5,38	27,03	31,36	1,9	M
34		21-0034	BO-TA-SC-MS2-20	Bolivar	Churubamba	6,88	PN	41	M	18	M	0,85	A	21,64	A	5,75	A	3,76	A	6,79	32,34	28,23	1,5	M
35		21-0035	BO-TA-SC-MS3-20	Bolivar	Churubamba	6,70	PN	46	M	24	A	0,43	A	17,96	A	4,97	A	3,61	A	11,54	53,26	23,36	1,6	M
			<b>PROMEDIO</b>			<b>6,79</b>		<b>47,00</b>		<b>19,67</b>		<b>0,80</b>		<b>21,27</b>		<b>5,58</b>		<b>3,80</b>		<b>7,90</b>	<b>37,54</b>	<b>27,65</b>	<b>1,67</b>	
			<b>D.E</b>			<b>0,09</b>		<b>6,56</b>		<b>3,79</b>		<b>0,35</b>		<b>3,15</b>		<b>0,55</b>		<b>0,21</b>		<b>3,23</b>	<b>13,87</b>	<b>4,03</b>	<b>0,21</b>	
			<b>CV (%)</b>			<b>1,33</b>		<b>13,95</b>		<b>19,25</b>		<b>43,46</b>		<b>14,79</b>		<b>9,77</b>		<b>5,46</b>		<b>40,84</b>	<b>36,94</b>	<b>14,58</b>	<b>12,49</b>	
36	03/06/2020	21-0036	BO-TA-AV-MS4-20	Bolivar	Churubamba	6,57	PN	49	M	12	M	0,82	A	15,29	A	4,80	A	3,19	A	5,83	24,39	20,90	1,6	M
37		21-0037	BO-TA-AV-MS5-20	Bolivar	Churubamba	6,69	PN	40	M	19	M	0,98	A	14,45	A	4,38	A	3,30	A	4,47	19,22	19,82	1,5	M
38		21-0038	BO-TA-AV-MS6-20	Bolivar	Churubamba	6,65	PN	47	M	12	M	0,62	A	15,17	A	4,49	A	3,38	A	7,26	31,78	20,27	1,7	M
			<b>PROMEDIO</b>			<b>6,64</b>		<b>45,33</b>		<b>14,33</b>		<b>0,81</b>		<b>14,97</b>		<b>4,56</b>		<b>3,29</b>		<b>5,85</b>	<b>25,13</b>	<b>20,33</b>	<b>1,60</b>	
			<b>D.E</b>			<b>0,06</b>		<b>4,73</b>		<b>4,04</b>		<b>0,18</b>		<b>4,45</b>		<b>0,22</b>		<b>0,10</b>		<b>1,40</b>	<b>6,31</b>	<b>0,54</b>	<b>0,10</b>	
			<b>CV (%)</b>			<b>0,92</b>		<b>10,42</b>		<b>28,20</b>		<b>22,36</b>		<b>3,03</b>		<b>4,78</b>		<b>2,90</b>		<b>23,84</b>	<b>25,12</b>	<b>2,67</b>	<b>6,25</b>	
39	07/08/2020	21-0039	BO-TA-AV-MS7-20	Bolivar	Churubamba	6,90	PN	88	A	27	A	1,35	A	21,77	A	5,88	A	3,70	A	4,36	20,52	29,00	2,4	A
40		21-0040	BO-TA-AV-MS8-20	Bolivar	Churubamba	6,93	PN	37	M	19	M	1,24	A	20,17	A	5,63	A	3,58	A	4,53	20,75	27,04	1,8	M
41		21-0041	BO-TA-AV-MS9-20	Bolivar	Churubamba	6,72	PN	80	A	22	A	0,52	A	15,46	A	4,85	A	3,19	A	9,35	39,18	20,82	3,1	A
			<b>PROMEDIO</b>			<b>6,85</b>		<b>68,33</b>		<b>22,67</b>		<b>1,04</b>		<b>19,13</b>		<b>5,45</b>		<b>3,49</b>		<b>6,08</b>	<b>26,82</b>	<b>25,62</b>	<b>2,43</b>	
			<b>D.E</b>			<b>0,11</b>		<b>27,43</b>		<b>4,04</b>		<b>0,45</b>		<b>3,28</b>		<b>0,54</b>		<b>0,27</b>		<b>2,83</b>	<b>10,71</b>	<b>4,27</b>	<b>0,65</b>	
			<b>CV (%)</b>			<b>1,66</b>		<b>40,14</b>		<b>17,83</b>		<b>43,49</b>		<b>17,14</b>		<b>9,85</b>		<b>7,64</b>		<b>46,60</b>	<b>39,93</b>	<b>16,67</b>	<b>26,74</b>	
						<b>PROVINCIA DE CHIMBORAZO</b>																		
22		21-0022	CH-GO-MS1-20	Chimborazo	Gonzol	5,70	Me Ac	118	A	37	A	1,04	A	13,77	A	3,00	A	4,59	A	2,88	16,09	17,81	3,2	A
23		21-0023	CH-TU-MS1-20	Chimborazo	Pantaño	7,54	LAI	11	B	33	A	0,72	A	11,76	A	4,78	A	2,46	A	6,63	22,97	17,25	1,1	M



2021



@agroinvestigacionecuador



@INIAPECUADOR

Instituto Nacional de  
Investigaciones Agropecuarias



República  
del Ecuador



**Gobierno**  
del Encuentro

Juntos  
lo logramos