

BOLETÍN TÉCNICO N° 189  
DICIEMBRE 2022

ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN

---

# EN CEREALES

AÑO 2021

Instituto Nacional de  
Investigaciones Agropecuarias

  
**Gobierno  
del Ecuador**

**GUILLERMO LASSO**  
PRESIDENTE



**PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA**

Guillermo Lasso Mendoza

**MINISTRO DE AGRICULTURA  
Y GANADERÍA**

Bernardo Manzano

**DIRECTOR EJECUTIVO DE INIAP**

Raúl Jaramillo Velastegui

**DEPARTAMENTO O PROGRAMA, ESTACIÓN**

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

**AUTORES**

PhD. Luis Jonatan Ponce Molina  
(Responsable Programa de Cereales)  
Mgs. Javier Alberto Garófalo Sosa  
(Técnico Programa Cereales - EESC)  
Ing. Patricio Javier Noroña Zapata  
(Técnico Programa Cereales - EESC)

**EQUIPO TÉCNICO**

Ing. María Nieto (UTT-Imbabura)  
Ing. Fausto Yumisaca (UTT-Chimborazo)  
Ing. César Asaquibay (UTT-Chimborazo)  
Ing. Verónica Quimbiamba (KOPIA)  
Ing. Edwin Naranjo (KOPIA)

**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

**FOTOGRAFÍA**

INIAP

**DISEÑO E IMPRESIÓN**

Imprenta IdeaZ

**ISBN Impreso**

Código 978-9942-22-572-6

**ISBN Digital**

Código 978-9942-22-571-9

**COMO CITAR ESTA PUBLICACIÓN**

Ponce-Molina, L., Garófalo, J. y Noroña, P. (2022)  
Actividades de Investigación en Cereales Año 2021  
Boletín Técnico No. 189  
INIAP. Quito, Ecuador. 80 p.

**REVISORES COMITÉ PUBLICACIONES:**

Ing. Jorge Rivadeneira Ruales,  
(Director Estación Experimental Santa Catalina)  
Ing. José Velásquez  
Ing. Diego Peñaherrera

**REVISORES EXTERNOS:**

Dr. Chang Hwan Park  
(Director Centro KOPIA-Ecuador)  
Ing. Alicia Villavicencio  
(Técnico Centro KOPIA-Ecuador)

Primera Edición, 2022

Instituto Nacional de  
Investigaciones Agropecuarias  
Estación Experimental Santa Catalina Km 1  
Correo electrónico: iniap@iniap.gob.ec  
www.iniap.gob.ec

La reproducción parcial o total de esta  
publicación, en cualquier forma y por cualquier  
medio mecánico o electrónico, está permitida  
siempre y cuando sea autorizada por los  
editores y se cite correctamente la fuente.

**DISTRIBUCIÓN GRATUITA  
PROHIBIDA SU VENTA**

**Instituto Nacional de  
Investigaciones Agropecuarias**



**Gobierno  
del Ecuador**

**GUILLERMO LASSO  
PRESIDENTE**

# Prólogo

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es el organismo gubernamental encargado de generar tecnologías que permitan mejorar la productividad de diversos cultivos de importancia económica a nivel nacional.

El Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) es el encargado de generar, desarrollar y adaptar tecnologías en cereales. Como conocedores de las necesidades del sector cerealero, el Programa de Cereales evalúa anualmente más de 2000 nuevos materiales mejorados de trigo, cebada, avena y triticale, en búsqueda de germoplasma adaptado a las principales zonas productoras de la Sierra ecuatoriana, con características deseables de productividad ( $\geq 3 \text{ t ha}^{-1}$ ), resistencia a enfermedades (royas, virus, fusarium, escaldadura, carbón) y calidad. Desde su creación en 1963 hasta la fecha el Programa de Cereales ha liberado 18 variedades mejoradas de trigo, 15 de cebada, 7 de avena y 2 de triticale. Estas variedades mejoradas han sido generadas a través de procesos de investigación tradicionales y participativos, diversificando las variedades que poseen los productores, incrementando la productividad de estos rubros y contribuyendo con el desarrollo agrícola del país.

Las actividades de investigación realizadas durante el año 2021 contaron con el financiamiento del Gobierno Nacional del Ecuador, el Programa Coreano 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 desarrolló entre 2019 y 2021 en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar.

La presente publicación busca documentar las actividades técnicas y los resultados de las investigaciones anuales ejecutadas por el Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, información que puede servir de guía para el desarrollo de procesos investigativos de profesionales y estudiantes del área agrícola, y de conocimiento general para toda la población.

# Contenido

## CAPÍTULO 1

Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo y cebada con prácticas de conservación del suelo en las tierras altas de Ecuador, Año 2021.....	5
Resumen.....	5
Summary.....	6
1. Antecedentes.....	6
2. Objetivos.....	7
3. Metodología.....	7
4. Resultados.....	10
5. Conclusiones.....	19
6. Recomendaciones.....	19
7. Referencias.....	19

## CAPÍTULO 2

Evaluación de rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.), año 2021.....	21
Resumen.....	21
Summary.....	22
1. Antecedentes.....	22
2. Objetivos.....	23
3. Metodología.....	24
4. Resultados.....	25
5. Conclusiones.....	33
6. Recomendaciones.....	33
7. Referencias.....	33

## CAPÍTULO 3

Desarrollo y selección de poblaciones segregantes de cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.), año 2021.....	34
Resumen.....	34
Summary.....	34
1. Antecedentes.....	34
2. Objetivos.....	35
3. Metodología.....	36
4. Resultados.....	37
5. Conclusiones.....	39
6. Recomendaciones.....	39
7. Referencias.....	39

## CAPÍTULO 4

Evaluación de rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L.), año 2021.....	41
Resumen.....	41
Summary.....	41
1. Antecedentes.....	42
2. Objetivos.....	43
3. Metodología.....	43
4. Resultados.....	45
5. Conclusiones.....	51
6. Recomendaciones.....	51
7. Referencias.....	51

**CAPÍTULO 5**

Avances generacionales de diferentes poblaciones segregantes de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L.).....	53
Resumen.....	53
Summary.....	53
1. Antecedentes.....	53
2. Objetivos.....	55
3. Metodología.....	55
4. Resultados.....	57
5. Conclusiones.....	58
6. Recomendaciones.....	59
7. Referencias.....	59

**CAPÍTULO 6**

Evaluación del rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de avena ( <i>Avena sativa</i> L.).....	60
Resumen.....	60
Summary.....	60
1. Antecedentes.....	61
2. Objetivos.....	62
3. Metodología.....	62
4. Resultados.....	64
5. Conclusiones.....	65
6. Recomendaciones.....	65
7. Referencias.....	66

**CAPÍTULO 7**

Evaluación del rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de triticale ( <i>X Triticosecale Wittmack</i> ).....	67
Resumen.....	67
Summary.....	67
1. Antecedentes.....	68
2. Objetivos.....	69
3. Metodología.....	69
4. Resultados.....	70
5. Conclusiones.....	72
6. Recomendaciones.....	72
7. Referencias.....	73

**CAPÍTULO 8**

Evaluación y monitoreo de líneas diferenciales de cereales, año 2021.....	74
Resumen.....	74
Summary.....	74
1. Antecedentes.....	74
2. Objetivos.....	75
3. Materiales y métodos.....	75
4. Resultados.....	75
5. Conclusiones.....	78
6. Recomendaciones.....	78
7. Referencias.....	78

**ANEXOS**

Anexo 1. Publicaciones Técnicas.....	80
--------------------------------------	----



# CAPÍTULO 1

## **Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo y cebada con prácticas de conservación del suelo en las tierras altas de Ecuador, Año 2021.**

### **(Development of crop cultivation techniques for sustainable production of Wheat and Barley with soil conservation practices in Ecuador Highland, Year 2021).**

Luis Ponce-Molina<sup>1</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Javier Noroña<sup>1</sup>, María Nieto<sup>2</sup>,  
César Asaquibay<sup>2</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 Transferencia de Tecnología del INIAP.

### **Resumen**

El trigo y la cebada son considerados productos de seguridad alimentaria debido a que la mayoría de los productores de la Sierra ecuatoriana que los cultivan. Actualmente el cultivo de trigo y cebada, lo siembran pequeños, medianos y grandes agricultores y son utilizados como la principal fuente de alimento de estos agricultores de subsistencia. Algunos de los principales problemas que limitan la producción de estos cereales son: la erosión, la baja fertilidad y problemas de pH del suelo, los cuales, acompañados de un mal manejo del cultivo, agudizan el tema de productividad a nivel nacional. En tal virtud, el INIAP y el Centro KOPIA-Ecuador, ejecutaron 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 fue recuperar el suelo a través de la implementación de técnicas de conservación y recuperación como la rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes y labranza mínima. Como meta del proyecto se buscó 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 tercer año del proyecto, año 2021, se implementaron parcelas de investigación en las cuatro provincias que interviene el proyecto (Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar) alcanzando una superficie de 7,5 ha. A la par, se sembraron 12 ha para la producción de semilla, ya que uno de los componentes para mejorar la producción es el uso de semilla de calidad. Durante el año 2021 se realizó un evento de difusión por provincia, donde se presentó los resultados del tercer año del proyecto. Adicionalmente se publicó dos documentos técnicos, el primero sobre las actividades de investigación

realizadas en el año 2020 y el segundo fue una Guía para la Capacitación en Cereales. Los agricultores siguen mostraron interés en la necesidad de recuperar y mantener el recurso suelo.

Palabras clave: cebada, trigo, productividad, conservación de suelos.

## Summary

Wheat and barley are considered food safety products because of most of the producers of the Ecuadorian Highlands. Currently, wheat and barley are grown by small, medium and large farmers and are used like the main source of food for the subsistence farmers. Some of 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, implemented 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 was 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 sought to recover soil resources and increase productivity in cereals, improving the standard of living of producers who depend on these crops. During the third year of the project, 2021, research plots were implemented in the four provinces involved in the project (Imbabura, Pichincha, Chimborazo and Bolívar) reaching an area of 7,5 ha. At the same time, 12 ha were sown for seed production, because one of the components to improve production is the use of quality seed. During 2021 one dissemination event per province was made, where the results of the third year of the project were presented. In addition, two technical documents were published, the first about the research activities development in 2020 and the second was a Guide for Management Cereals. Farmers continue showing interest in the need to recover and maintain the soil resource.

Keywords: barley, wheat, productivity, soil conservation.

## 1. ANTECEDENTES

En el 2020 en el Ecuador, según el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA), el área de trigo fue de 6 880 ha con una productividad de 2 t ha<sup>-1</sup> y para la cebada 11 155 ha con una productividad de 1,4 t ha<sup>-1</sup>. Estos cereales se encuentran, distribuidos en todas las provincias de la Sierra entre los 2 200 y 3 400 metros de altitud. En el año 2020 se importó 1'096 589 toneladas de granos de trigo (Sistema de Información Pública Agropecuaria SIPA, 2020); y para el caso de la de cebada las importaciones superaron las 67 mil t año<sup>-1</sup> (INEC, 2020).

Dentro de la canasta básica familiar de la Sierra ecuatoriana se encuentra la cebada y el trigo; sin embargo, a través del tiempo, varios factores han



incidido sobre la producción de estos cultivos, entre ellos, la falta de acceso a nuevas tecnologías, políticas agrícolas y el inadecuado manejo del cultivo (Ponce-Molina et al., 2020).

En la región interandina del Ecuador, se estima que el 70% de los agricultores dedicados a los cultivos de trigo y cebada lo hacen en menos de 1 ha; incluso propiedades de 10-20 ha dedican solo 1 o 2 ha para plantar estos cultivos (Ponce-Molina et al., 2020), debido a que son cultivos de subsistencia; sin embargo, son de gran importancia desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, porque son la principal fuente de alimentos para estos sectores que se encuentran entre los estratos más vulnerables de la sociedad (Rivadeneira, 2005).

Los cereales se cultivan en las tierras altas de la región interandina del Ecuador (sobre los 2000 metros de altitud), zonas que se caracterizan por tener suelos erosionados de baja fertilidad y acidez, lo que causa directamente una disminución en los rendimientos de estos cultivos (Rivadeneira, 2005). Las pérdidas del recurso suelo fluctúan entre 200-500 toneladas por hectárea por año, consideradas por la FAO como de muy alta erosión (FAO, sf). Se considera que un 50 % de la superficie de la región andina es afectada por la erosión, y los principales factores son el viento y los efectos de la lluvia, así como por los relieves y el impacto humano de las actividades agrícolas (De Noni & Trujillo, 1990).

## 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

- Implementar parcelas de investigación en lotes que se implementó las tres prácticas de conservación de suelo.
- Evaluar y analizar el desarrollo agronómico de cereales en las parcelas que tuvieron las tres prácticas de conservación de suelo.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Materiales

- Para la siembra parcelas de investigación y/o demostrativas y lotes comerciales: semilla de cebada variedades INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Alfa 2021, y semilla de trigo variedad INIAP-Vivar 2010; sembradora de

siembra directa; fertilizantes edáficos (15-30-15+ EM, urea sulfatada); baldes plásticos; azadones; rastrillos.

- Para el mantenimiento de parcelas de investigación y/o demostrativas y lotes comerciales: fertilizantes (urea sulfatada); herbicidas (glifosato y metsulfurón metil); bombas de mochilla.
- Para el análisis de muestras de suelo: barreno; baldes; fundas de papel.
- Para los días de campo: material didáctico y divulgativo; carpas; mesas; gigantografías

### **3.2. Métodos**

#### **Selección de terrenos:**

La siembra de trigo y cebada se realizó en las parcelas de investigación en las cuales, en los años anteriores, se implementaron las técnicas de conservación de suelo (siembra directa, rotación cultivos y abono verde). En las parcelas de siembra directa se realizó un nuevo ciclo con esta técnica.

#### **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.

#### **Sistema de siembra:**

La siembra se realizó de forma manual y mecanizada, según la localidad y disponibilidad de los agricultores participantes en el proyecto. La cantidad de semilla utilizada para la siembra de trigo fue 180 kg ha<sup>-1</sup> y para cebada 150 kg ha<sup>-1</sup>. Previamente, la semilla fue desinfectada 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 en base a la recomendación media para un rendimiento de 4 toneladas de grano por hectárea, con valores de 80 kg N, 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 50 K<sub>2</sub>O, 20 S, 1 MgO, 1 B y 4 Ca. Todo el P, K, S y el 20% de N fue aplicado a la siembra. El 40% del N fue aplicado en la fase fenológica Z22 (brote principal y dos macollos) y el otro 40% en la etapa Z30 (en el tallo principal se observa entre nudos).

#### **Época de siembra:**

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

**Control de malezas:**

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

**Evaluación y recopilación de datos:**

Las parcelas de investigación y / o demostrativas del ciclo 2021 fueron cultivos de trigo y cebada, que se implementaron en las mismas parcelas de los dos años anteriores, 2019 y 2020, y que estuvieron con las diferentes prácticas agronómicas de conservación del suelo (siembra directa, rotación de cultivos y abono verde). Adicionalmente se sembraron parcelas testigo, con el manejo del agricultor o manejo convencional. Para determinar el efecto de la técnica de conservación de suelo, se realizaron muestreos de suelo al inicio y final del ciclo del cultivo, para determinar las propiedades físico-químicas en el laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

**Cosecha:**

La cosecha y trilla se realizó de forma manual o mecanizada dependiendo del agricultor o comunidad, una vez que las plantas alcanzaron la madurez fisiológica. El grano cosechado se almacenó en bolsas de tela y/o sacos de yute con su respectiva identificación.

**Post cosecha:**

El material cosechado fue secado hasta tener una humedad de alrededor del 12-13%. Posteriormente se limpió de impurezas y se almacenó.

**Capacitación:**

Se organizó una capacitación virtual para los técnicos de las Unidades de Transferencia de Tecnología del INIAP que participan en el proyecto. Por otra parte, se organizaron tres cursos presenciales para los productores en diversos temas de interés.

**Día de Campo:**

Los días de campo de demostración se llevaron a cabo para dar a conocer los resultados del proyecto. Además, se desarrollaron boletines y/o publicaciones informativas que fueron entregados a los agricultores, técnicos y estudiantes.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Implementación de Parcelas de Investigación

#### 4.1.1. Siembra de parcelas de investigación y / o demostración con prácticas de conservación agronómica de suelos. (Año 3)

En el año 2021, se implementaron ocho parcelas de investigación y doce de multiplicación de semilla (Figura 1) con una superficie total de 19,45 hectáreas en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar (Tabla 1).

**Tabla 1**

Parcelas de investigación implementadas por el Proyecto KOPIA-Cereales. 2021.

Provincia	Localidades	Superficie ha	Técnicas conservación					Multiplicación semilla	Cultivo
			SD	SC + AV	SC + RC	RC	SC		
Imbabura	Ugsha	1,2		0,7			0,5		Cebada
	El Abra	1		0,5		0,2	0,3		Trigo
Pichincha	El Tambo	1,5		0,5	0,5		0,5		Cebada
	Cochasqui Aibonito	0,3		0,3					Cebada
Chimborazo	Chilcapamba,	1,5	0,6	0,3			0,6		Trigo
	Puculpala	1		0,3	0,4		0,3		Cebada
	Pantaño	2						2	Cebada
Bolívar	Churubamba	0,5		0,3			0,3		Trigo
	Tanizahua	0,5		0,3			0,3		Trigo
	Fomento	5						5	Trigo
	trigo	5						5	Trigo
<b>Total</b>		<b>19,45</b>	<b>0,6</b>	<b>3,1</b>	<b>0,9</b>	<b>0,2</b>	<b>2,7</b>	<b>12</b>	

SD= siembra directa RC = rotación de cultivo, SC= siembra convencional, AV= abono verde  
Fuente: INIAP, 2021.

**Figura 1**

Parcelas de investigación implementadas en las diferentes provincias.



La superficie total de ensayos de investigación implementadas fue de 7,5 ha, y de 12,0 ha para lotes de multiplicación. Se sembraron variedades mejoradas de trigo (INIAP- Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014) y de cebada (INIAP-Alfa 2021) (Tabla 2).

**Tabla 2**

Área de las parcelas de investigación y multiplicación implementadas por el Proyecto KOPIA – Cereales. 2021.

Tipo de parcela	Área (ha)
Investigación	7,5
Multiplicación	12,0
<b>Total</b>	<b>19,5</b>

Fuente: INIAP, 2021.

Las 7,5 hectáreas de ensayos de investigación implementadas en el año 2021, fueron sembradas con manejo convencional y con la técnica de siembra directa. Dentro de los ensayos de investigación, 3,3 hectáreas fueron sembradas en parcelas que en los años anteriores fueron manejadas con las técnicas de conservación de suelo de abono verde (3,1 ha) y rotación de cultivos (0,2 ha), con el objetivo de observar la respuesta del cultivo de trigo y cebada a las diferentes técnicas de conservación (Tabla 3) (Figura 2).

**Tabla 3**

Área por técnica de conservación de suelo del año 2020, donde se implementaron los ensayos 2021.

Técnica del 2021	Área (ha)
Siembra directa	0,6
Cultivo convencional	3,6
Abono verde	3,1
Rotacion de cultivos	0,2
<b>TOTAL</b>	<b>7,5</b>

Fuente: INIAP, 2021.

**Figura 2**

Técnicas de conservación de suelos en los ensayos de investigación en las diferentes provincias: siembra directa (izquierda) y convencional (derecha).





#### 4.1.2. Mantenimiento y seguimiento de parcelas de investigación y / o demostración (Año 3).

Durante el ciclo 2021, en las comunidades participantes del proyecto se entregaron 2 682,5 kilogramos de semilla categoría registrada y seleccionada de cebada y trigo (Tabla 4). La semilla fue utilizada para la implementación de ensayos de investigación de conservación de suelos y parcelas de multiplicación de semilla (Figura 3).

**Tabla 4**

Cantidad de semilla entregada a las diferentes comunidades, año 2021.

Provincia	Localidades	Cantidad semilla (kg)		
		INIAP-Alfa 2021	INIAP-Vivar 2010	INIAP-Imbabura 2014
Imbabura	Ugsha	162		
	El Abra		135	
Pichincha	El Tambo	225		
	Cochasqui	45		
Chimborazo	Chilcapamba		225	
	Puculpala	135		
	Pantaño	270		
Bolívar	Churubamba		68	
	Tanizahua		68	
	Fomento Trigo		675	675
<b>Total por especie</b>		<b>837</b>	<b>1170,5</b>	<b>675</b>
<b>Total</b>			<b>2682,5</b>	

Fuente: INIAP, 2021.

**Figura 3**

Entrega de semilla a los agricultores para la implementación de parcelas de investigación y lotes de multiplicación de semilla.





Además, se entregó 4 250 kg de fertilizante compuesto (15-30-15 + EM), 1 950 kg de Urea sulfatada, 2 galones de herbicida preemergente, 510 g de herbicida post-emergente, 9,5 litros de fungicida y 21 kg de fertilizante foliar (Tabla 5) (Figura 4).

**Tabla 5**

Cantidad de suministros agrícolas entregados en las diferentes comunidades del Proyecto, año 2021.

Provincia	Localidades	Fertilizante compuesto	Urea sulfatada	Herbicida Glifosato (gl)	Herbicida Metsul (g)	Fungicida Propiconazol (l)	Foliar (kg)
		kg					
Imbabura	Ugsha	300	150		30	1	
	El Abra	250	100		30	1	
Pichincha	El Tambo	250	150		45		
	Cochasqui	50					
Chimborazo	Chilcapamba	400	150	2	45	1	
	Puculpala	250	100		30	0,5	
	Pantaño		200				
Bolívar	Churubamba	125	50		15	0,5	0,5
	Tanizahua	125	50		15	0,5	0,5
	Fomento	1250	500		150	2,5	10
	Trigo						
<b>Total</b>		<b>3000</b>	<b>1450</b>	<b>2</b>	<b>360</b>	<b>7</b>	<b>11</b>

Fuente: INIAP, 2021.

**Figura 4**

Entrega de insumos agrícolas a los agricultores en las parcelas de investigación y lotes de multiplicación de semilla.



Finalmente, en las localidades donde se ejecutó el proyecto, se realizó el seguimiento y mantenimiento de los ensayos de investigación y lotes de multiplicación de semilla, con la participación de los técnicos de las Unidades de Desarrollo Tecnológico del INIAP y con la coordinación y supervisión de los Técnicos del Programa de Cereales.

## 4.2. Evaluación del desarrollo agronómico de cereales y análisis de las prácticas de conservación del suelo.

### 4.2.1. Análisis de muestras de suelo (año 3).

En las parcelas de investigación donde se implementaron las diferentes técnicas de conservación de suelos en los años anteriores, se colectaron 96 muestras de suelo, antes y después del ciclo de cultivo (Tabla 6), para determinar las propiedades físico-químicas del suelo.

**Tabla 6**

Cantidad de muestras colectadas de suelo realizadas en las diferentes provincias del proyecto, año 2021.

Provincias	Localidades	No. Muestras Suelo	
		Antes siembra	Final ciclo
Imbabura	Ugsha	12	8
	El Abra	9	6
Pichincha	Cochasqui	3	--
	EESC	2	--
	El Tambo	3	3
Chimborazo	Chilcapamba	9	6
	Puculpala	9	6
Bolívar	Churubamba	6	4
	Tanizahua	6	4
<b>Total</b>		<b>59</b>	<b>37</b>
		<b>96</b>	

Fuente: INIAP, 2021.

## 4.3. Análisis de resultados y preparación del informe técnico.

### 4.3.1. Incorporación de abono verde

Con los resultados obtenidos del ciclo 2021, en las parcelas de investigación en las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar, que fueron manejadas con las técnicas de conservación y recuperación del suelo como abono verde, siembra convencional y rotación de cultivos en el ciclo 2020, se observó que el abono verde fue la que más alto rendimiento de grano produjo con 5 567 kg ha<sup>-1</sup> frente a siembra convencional que produjo 3 900 kg ha<sup>-1</sup> y rotación de cultivos con 3 333 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 7) (Figura 5).

**Tabla 7**

Producción de materia seca (MS) y rendimiento de grano en los ensayos de investigación en las diferentes provincias. Año 2021.

Provincia	Localidad	Técnica	MS ha <sup>-1</sup>	kg grano ha <sup>-1</sup>
Imbabura	Ugsha	Siembra Convencional	8 000	4 400
Imbabura	Ugsha	Abono Verde	12 400	6 400
Imbabura	Ugsha	Abono Verde	15 600	7 200
Imbabura	Ugsha	Siembra Convencional	19 600	6 000
Imbabura	Abra	Siembra Convencional	12 400	4 800
Imbabura	Abra	Abono Verde	18 400	6 800
Pichincha	El Tambo	Abono Verde	10 000	3 200
Pichincha	El Tambo	Siembra Convencional	9 600	2 267
Pichincha	El Tambo	Rotación Cultivos	6 133	2 400
Chimborazo	Gonzol	Siembra Convencional	13 867	2 667
Chimborazo	Gonzol	Abono Verde	17 867	7 467
Chimborazo	Puculpala	Rotación Cultivos	15 467	3 867
Chimborazo	Puculpala	Siembra Convencional	16 533	3 733
Chimborazo	Puculpala	Abono Verde	16 933	4 133
Bolivar	Tanizahua	Abono Verde	12 667	5 600
Bolivar	Tanizahua	Siembra Convencional	8 933	4 400
Bolivar	Churubamba	Siembra Convencional	5 600	2 933
Bolivar	Churubamba	Abono Verde	8 000	3 733
<b>Promedio</b>	<b>Siembra convencional</b>		<b>11 816</b>	<b>3 900</b>
	<b>Abono verde</b>		<b>13 983</b>	<b>5 567</b>
	<b>Rotación de cultivos</b>		<b>9 867</b>	<b>3 333</b>

Fuente: INIAP, 2021.

**Figura 5**

Cosecha y producción de grano en diferentes localidades.



Con base a los análisis de las muestras de suelos recolectados en las parcelas de investigación implementadas en las diferentes provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar; en el Año 3 en las parcelas de investigación con abono verde (AV) se observó que el pH del suelo en forma general se mantiene, y se incrementó la fertilidad del suelo, especialmente el contenido de materia orgánica (MO%) y fósforo (P), en comparación con la siembra convencional (SC) y la rotación de cultivos (RC) (Tabla 8).

**Tabla 8**

Datos de los análisis de suelo para pH, N, P, K y MO% en parcelas con las diferentes técnicas de conservación de suelo. Año 2021.

Localidad	Rotación de cultivo					Siembra convencional					Abono verde				
	MO %	pH	NH4	P	K	MO %	pH	NH4	P	K	MO %	pH	NH4	P	K
Gonzol						3,8	6,4	86,5	45,5	1,0	4,4	6,5	52,5	28,5	1,1
Puculpala	2,4	6,54	58,5	45	0,6	2,1	6,8	84,0	57,5	1,2	2,8	6,9	58,5	29,5	1,1
Ugsha						3,0	6,5	91,0	47,0	0,6	4,2	6,2	92,5	59,0	0,6
El abra						2,9	6,3	44,5	42,0	0,5	3,7	6,4	63,0	45,0	0,6
El Tambo						4,6	6,6	56,0	47,0	0,5	4,5	6,5	52,0	67,5	0,5
Cochasqui	4,6	6,54	58,5	45	0,6	1,1	7,2	81,2	55,8	0,6	2,8	6,3	53,0	107,0	0,7
Tanizahua						2,7	7,2	29,0	137,0	2,4	5,0	6,9	53,0	194,0	2,4
Churubamba						1,5	7,1	37,0	19,0	0,7	2,1	6,8	45,0	42,0	0,9
<b>Promedio</b>	<b>3,5</b>	<b>6,5</b>	<b>58,5</b>	<b>45,0</b>	<b>0,6</b>	<b>2,7</b>	<b>6,8</b>	<b>63,7</b>	<b>56,4</b>	<b>0,9</b>	<b>3,7</b>	<b>6,6</b>	<b>58,7</b>	<b>71,6</b>	<b>1,0</b>

Fuente: INIAP, 2021.

Durante la ejecución del proyecto, el personal técnico del Programa de Cereales mantuvo reuniones de evaluación y seguimiento para el desarrollo y ejecución del proyecto (Figura 6). Las actividades se planificaron en coordinación con los técnicos de las diferentes Unidades de Transferencia de Tecnología del INIAP de Imbabura y Chimborazo, y con el técnico del Proyecto KOPIA en la provincia de Bolívar. En la provincia de Pichincha, el seguimiento en los lotes de investigación implementados fue realizado por el personal técnico del Programa de Cereales

**Figura 6**

Seguimiento de parcelas y lotes de multiplicación de semilla en las provincias.





#### 4.4. Grupos de agricultores involucrados en la conservación del suelo y las buenas prácticas agrícolas.

##### 4.4.1. Capacitación a agricultores cerealeros y técnicos que participaron en el proyecto KOPIA en las provincias de Imbabura, Pichincha y Bolívar.

En el ciclo 2021, se realizó capacitaciones en diferentes temas en manejo del cultivo, fertilización, técnicas de conservación del suelo y valor agregado en cereales, en los que participaron principalmente los agricultores del Proyecto, técnicos de las Unidades de Transferencia de Tecnología de Imbabura, Pichincha y Bolívar. Además, participaron técnicos del MAG-Imbabura y Bolívar (Tabla 9). Las capacitaciones fueron dictadas por el Programa de Cereales y el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), con la participación de 70 personas (Figura 7).

**Tabla 9**

Capacitaciones a agricultores y técnicos en diferentes provincias, año 2021.

N°	Capacitación	Provincia	Total Participantes
1	Manejo del cultivo	Bolívar	24
2	Fertilización	Bolívar	20
3	Técnicas conservación suelo	Imbabura	20
4	Valor agregado cereales	Pichincha	6
<b>Total</b>			<b>70</b>

Fuente: INIAP, 2021.

**Figura 7**

Capacitaciones a agricultores en diferentes provincias, año 2021.

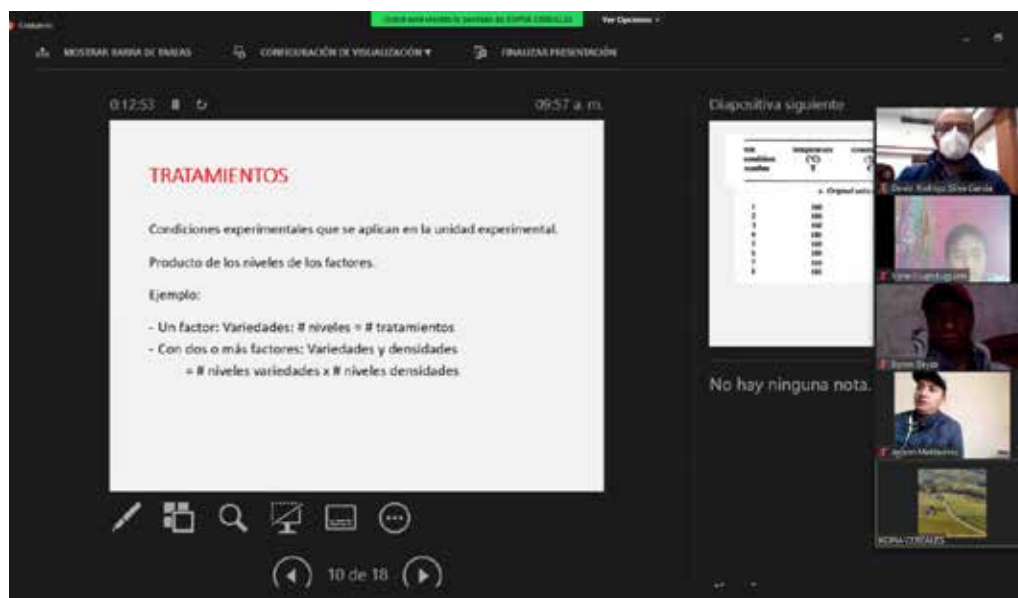


#### 4.4.2. Capacitación a personal técnico de transferencia del INIAP

Durante el año 2021 se organizó el Curso virtual “Análisis estadístico de estabilidad y combinado” dirigido al personal de transferencia del INIAP. Este evento se realizó el 15 de diciembre de 2021 a través de la plataforma Zoom y asistieron un total de 19 personas entre Técnicos de Transferencia del INIAP, técnicos de KOPIA, docentes de Universidades y Estudiantes (Figura 8).

**Figura 8**

Capacitación vía a zoom en análisis de estabilidad y combinado.



#### 4.5 Difusión de resultados por Provincia.

En el ciclo 2021, se realizaron tres días de campo con la participación de los agricultores, técnicos del MAG y Técnicos de KOPIA en las provincias de Imbabura, Chimborazo y Bolívar donde se implementó el proyecto. El objetivo fundamental fue difundir los resultados obtenidos con el proyecto KOPIA (Tabla 10). El número de participantes fue de 78 personas en tres localidades (Figura 9).

**Tabla 10**

Difusión de resultados en días de campo en las diferentes provincias, año 2021.

N°	Días de campo	Provincia	Total
1	Presentación resultados preliminares del proyecto KOPIA	Ugsha, Imbabura	40
2	Presentación resultados preliminares del proyecto KOPIA	Gonzol, Chimborazo	16
3	Ruta del trigo	Bolívar	22
4	Reunión Cierre de Proyecto	Chimborazo	40
<b>Total</b>			<b>118</b>

Fuente: INIAP, 2021.



**Figura 9**

Difusión de resultados en días de campo en cada una de las provincias, año 2021.

**5. CONCLUSIONES**

Durante el año 2021 se determinó que la técnica de conservación y recuperación de suelo que mayor incremento de rendimiento y aporte de elementos nutritivos al suelo presentó fue la técnica de incorporación de abono verde. Además, esta técnica es de fácil implementación y fue acogida por los agricultores como una buena alternativa para mejorar el suelo e incrementar la productividad en las zonas de intervención del proyecto.

**6. RECOMENDACIONES**

Difundir la técnica de incorporación de abono verde, así como el uso de semilla de calidad como herramientas para mejorar los cultivos de trigo y cebada en otras zonas cerealeras de las provincias de Imbabura, Pichincha, Chimborazo y Bolívar, y en el resto de las provincias de la Sierra ecuatoriana, para ello, se propondrá una Segunda Fase del Proyecto al RDA a través del Centro KOPIA Ecuador.

**7. REFERENCIAS**

De Noni, G. y Trujillo, G. (1990). Degradación del suelo en el Ecuador. Principales causas y algunas reflexiones sobre la conservación de este recurso. Quito-Ecuador. 383-394 pp.

INEC-MAG-SICA. (2002). III Censo Nacional Agropecuario. Quito-Ecuador.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2020). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continúa. Quito, Ecuador.

Organismo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. sf. Nota informativa de la FAO sobre la erosión del suelo en América Latina. <http://www.fao.org/>

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

Sistema de Información Pública Agropecuaria SIPA. 2020. Importaciones Trigo Año 2020. Quito-Ecuador.

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.), año 2021.

### (Evaluation of yield and agronomic characteristics of barley promisor lines (*Hordeum vulgare* L.), year 2021)

Luis Ponce-Molina<sup>1</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Javier Noroña<sup>1</sup>.

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

#### Resumen

A nivel mundial la cebada es uno de los cereales más cultivados, su importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones. En Ecuador ocupa el tercer lugar después de maíz y arroz, su distribución va de los 2 000 y 3 500 metros de altitud, y las provincias que más la cultivan son: Chimborazo, Pichincha, Carchi, Bolívar, Tungurahua y Cotopaxi. La media nacional de rendimiento es menor a 1,5 t ha<sup>-1</sup>, muy por debajo de la media regional que supera las 3 t ha<sup>-1</sup>. Algunos de los factores limitantes para este cultivo son: baja tecnificación del cultivo, y las enfermedades fúngicas que reducen la productividad hasta un 80%, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad que se cultive. El uso de variedades resistentes a las principales enfermedades es la manera más económica de controlarlas. El Programa de Cereales del INIAP ha trabajado por más de 60 años generando germoplasma con características deseables de resistencia a enfermedades, productividad y calidad. Durante el año 2021, 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 las principales zonas cerealeras de la Sierra ecuatoriana. Dentro de los campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se evaluaron cinco ensayos de rendimiento, conformados por 80 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 finalizar el ciclo 2021 se seleccionaron 40 líneas con características superiores a los testigos, las cuales serán evaluadas en los campos experimentales de la EESC durante el ciclo 2022.

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

## Summary

Globally barley is one of the most cultivated cereals; its importance is due to wide ecological adaptation and diversity of applications. In Ecuador it ranks third after corn and rice its distribution goes between 2000 and 3500 meters of altitude, and the provinces that grow it most are: Chimborazo, Pichincha, Carchi, Bolívar, Tungurahua and Cotopaxi. The national average is less than 1.5 t ha<sup>-1</sup>, below of the regional average of more than 3 t ha<sup>-1</sup>. Some of the main limiting factors for this crop are: low technification of the crop, and fungal diseases that reduce productivity up to 80%, depending of the susceptibility of the crop planted. Use resistant varieties to the principal diseases are the most economical way to control it. The Cereal Program of INIAP has worked for 60 years generating germplasm with desirable characteristics of disease resistance, productivity and quality. During 2021, the called yield trials (ER) were implemented, with the goal of evaluate and select barley germplasm with desirable characteristics, adapted to the principal cereal areas of the Ecuadorian High Lands. Inside the experimental fields of Santa Catalina Experimental Station (EESC), five yield trials were evaluated, made up of 80 advanced lines, which were sown in three repetitions, under a Random Complete Block Design (DBCA), on plots of 3.6 m<sup>2</sup>. These trials were evaluated to determine: establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days to spike, days to harvest, yield and quality. At the end of 2021 cycle, 40 lines with superior characteristics than the check were selected; these lines will be evaluated during the 2022 cycle in the EESC experimental fields.

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

## 1. ANTECEDENTES

El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) tiene gran importancia en la zona interandina donde se la cultiva entre los 2 400 y 3 500 metros de altitud (Falconí et al., 2013). En Ecuador durante el año 2020 la superficie dedicada al cultivo de cebada fue de 11155 hectáreas con una producción anual de 14107 toneladas, entre tanto que las importaciones superaron las 67 mil t año<sup>-1</sup> (INEC, 2020). Las principales provincias con mayor área sembrada fueron: Chimborazo (3 117 ha), Pichincha (2 288 ha), Carchi (1 370 ha), Bolívar (1 355 ha), Tungurahua (1 112 ha) y Cotopaxi (1 013 ha) (INEC, 2020).

En Ecuador la cebada es producida principalmente para autoconsumo en áreas menores a 1 ha, debido a que la gran mayoría de agricultores que la cultivan son subsistencia. La cebada que se produce es principalmente para consumo humano, ya sea como harina, máchica (harina de grano tostado), grano perlado o arroz de cebada (grano perlado y partido); también se la utiliza para hacer chicha (bebida a base de cebada) y café de cebada (grano bien tostado y partido); cabe mencionar que en los últimos años se ha fomentado la industria de la cerveza artesanal. En algunas zonas la utilizan como forraje verde o como pienso para alimentar el ganado o especies menores, ya sea sola o en mezclas (Ponce-Molina et al., 2020)

La principal causa de pérdidas en los cereales son las enfermedades, con promedios estimados que oscilan entre 20% y 30%, dependiendo del genotipo, características del patógeno y de las condiciones ambientales (Ponce-Molina et al., 2020). En Ecuador se han registrado pérdidas de hasta el 50%, en variedades susceptibles; y las enfermedades más importantes son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia hordei*), escaldadura (*Rhynchosporium secalis*), virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y *Fusarium* spp (Falconí et al., 2013). Por lo tanto, es necesario el mejoramiento genético en cebada en el Ecuador, para incrementar la resistencia a enfermedades (severidad <20%) y aumentar el rendimiento ( $\geq 3$  t/ha).

En la actualidad, uno de los problemas del cultivo de cebada, radica en que las variedades locales y mejoradas a través del tiempo han perdido la resistencia a enfermedades, provocando pérdidas en el rendimiento y la calidad, por esta razón, es necesario la generación continua de germoplasma mejorado de grano cubierto y desnudo con características deseables de resistencia, rendimiento y calidad industrial y para la maltería.

Durante más de 60 años el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP a través del Programa de Cereales, ha generado y desarrollado 14 nuevas variedades mejoradas de cebada que han sido entregadas a los productores cebaderos, ampliando la diversidad genética con variedades adaptadas, resistente a enfermedades y de alto rendimiento.

El mejoramiento genético es un proceso continuo y metódico, por lo tanto, el Programa de Cereales del INIAP, evalúa anualmente alrededor de 100 líneas promisorias de cebada en busca de germoplasma con características superiores de rendimiento, resistencia y calidad, que cubran las necesidades tanto de los productores como de los consumidores.

Actualmente el Programa de Cereales cuenta con germoplasma mejorado, introducido y cruza propias, que se está evaluando en los campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina - EESC, que posteriormente serán evaluados y seleccionados por rendimiento, resistencia y calidad de grano en campos de agricultores de la Sierra ecuatoriana.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Seleccionar líneas promisorias de cebada con alto rendimiento ( $\geq 3$  t ha<sup>-1</sup>), buenas características agronómicas, resistentes a enfermedades y calidad de grano.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar germoplasma de cebada con baja incidencia y severidad a enfermedades, de alto rendimiento, calidad de grano y características agronómicas deseables (altura, precocidad, tipo de tallo).
- Multiplicar líneas promisorias de cebada para la obtención de semilla fitomejorador de calidad.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2021, fueron evaluadas 80 líneas de cebada distribuidas en experimentos de rendimiento de cebada dística, hexástica, desnuda y malteras (Tabla 11). Los ensayos se implementaron en el Lote B4 de la EESC del INIAP.

**Tabla 11**

Ensayos de rendimiento de cebada evaluados en la EESC, 2021.

Experimento*	Características	Número de líneas evaluadas
ER1 CD	Cebada dística	20
ER2 CD	Cebada dística	15
ER3 CH	Cebada hexástica	10
ER4 CN	Cebada desnuda	20
ER5 CM	Cebada maltera	15
<b>Total</b>		<b>80</b>

\*ER1 CD=Ensayo de Rendimiento 1 Cebada Dística; ER2 CD=ensayo de rendimiento 2 Cebada Dística; ER3 CH=Ensayo de Rendimiento 3 Cebada Hexástica; ER4 CN=Ensayo de Rendimiento 4 Cebada Desnuda; ER5 CM=Ensayo de Rendimiento 5 Cebada Maltera.

Fuente: INIAP, 2021.

El germoplasma mejorado fue evaluado dentro de cinco experimentos de rendimiento que fueron dispuestos en campo 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 m x 1,2 m). Las variables evaluadas fueron: rendimiento, peso hectolítrico, parámetros de calidad de grano y enfermedades. Los datos recopilados fueron analizados con el Programa Estadístico InfoStat versión Profesional 2020. Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de separación de medias de LSD al 0,5%.

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

Las PC es un ensayo que contiene las líneas evaluadas en los ensayos de rendimiento, con el objetivo de purificar el material a través de la desmezcla y de esta forma obtener semilla pura de las líneas seleccionadas que conformarán los experimentos del siguiente ciclo de evaluación. Fueron evaluadas 80 líneas en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3 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 tanto por el Programa de Cereales así como germoplasma introducido, que presentan características agronómicas deseables. Las variables evaluadas fueron de rendimiento y parámetros de calidad. En el ciclo 2021 el ensayo estuvo conformado por 60 líneas de cebada que fueron sembradas en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3 m x 1,2 m).



### 3.4. Incremento de semilla categoría “Básica” y Seleccionada

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

### 3.5. Manejo de los ensayos

La cantidad de semilla para la siembra fue 150 kg ha<sup>-1</sup>. Al momento de la siembra se aplicó 60 kg de Nitrógeno, 75 kg de Fósforo, 38 kg de Potasio, a través de 250 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (15-30-15). Posteriormente al macollamiento se aplicó 50 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 30 g ha<sup>-1</sup> de Matancha® (Metsulfuron-metil) como herbicida.

### 3.6. Variables y métodos de evaluación

- **Rendimiento:** las líneas fueron cosechadas a la madurez comercial (180-190 días) y el rendimiento fue registrado en t ha<sup>-1</sup>.
- **Peso hectolítrico:** se colectó de una muestra limpia y seca de cebada al 13% de humedad, se expresó en kg hl<sup>-1</sup> (kilogramos por hectolitro). 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. 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.
- **Incidencia de enfermedades:** después de la siembra a los 90 y 120 días se evaluó la incidencia de enfermedades (roya amarilla, roya de la hoja, virosis, entre otras) y se expresó en porcentaje para las royas y fusarium de la espiga y en la escala de 0 al 9 para virosis y escaldadura. (Stubbs et al., 1986; Ponce-Molina et al., 2019). En el presente informe se reportará la incidencia y severidad a roya amarilla (*Puccinia striiformis*).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Ensayo de rendimiento 1 de cebada dística (ER1 CD)

En la Tabla 12, se observó significancia estadística ( $P \leq 0,05$ ) para rendimiento, peso hectolítrico y roya amarilla. El promedio general del ensayo fue 5,30 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 67,70 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolitro). Las mejores líneas para la variable rendimiento fueron CD-19-004, CD-19-014 y CD-19-017, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CD-19-007, CD-19-006 y CD-19-005 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue muy bueno (\*\*).

**Tabla 12**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para rendimiento, peso hectolítrico, tipo de grano y enfermedades en líneas de cebada dística del ensayo de rendimiento 1 (ER1). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. striiformis</i> (%)	Tipo de grano
INIAP-GUARANGA 2010	7,41	66,49	0	**
CD-19-004	7,32	62,35	17	*
CD-19-014	7,16	64,83	25	**
CD-19-017	7,11	64,20	8	**
CD-18-017	6,69	67,47	0	*
CD-19-013	6,48	63,05	27	**
CD-17-019	5,89	66,92	3	***
CMU-19-002	5,60	63,26	17	**
INIAP-CAÑICAPA 2003	5,52	62,52	27	**
CD-18-012	5,46	65,37	0	*
CMU-19-001	5,19	63,37	17	***
CD-19-001	4,71	69,54	8	**
CD-18-015	4,47	64,31	0	**
CD-18-006	4,04	63,66	0	**
CD-19-007	3,87	75,95	0	**
CD-19-010	3,85	73,58	0	**
CD-19-003	3,84	72,13	0	***
CD-19-011	3,76	73,54	14	**
CD-19-006	3,64	75,49	0	***
CD-19-005	3,28	73,89	0	**
P valor	<0,0001**	<0,0001**	<0,0001**	
LSD (p<0.05)	1,2201	1,64858	14	
Promedio	5,30	67,70	8,0	

<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: INIAP, 2021.

En cuanto a la presencia de enfermedades, la enfermedad de mayor incidencia fue la roya amarilla, con un promedio de 8% de severidad. Estos resultados

son bajos y no afectaron el desarrollo general de las plantas. Las líneas más resistentes a roya amarilla fueron: CD-18-017, CD-18-012 y CD-17-019.

Con base a los resultados obtenidos en campo, se seleccionaron ocho líneas de cebada: CD-19-004, CD-19-013, CD-19-002, CD-19-001, CD-19-007, CD-19-010, CD-19-011 y CD-19-006, por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada dística para el siguiente ciclo 2022.

#### **4.2. Ensayo de rendimiento 2 de cebada dística (ER2 CD)**

En la Tabla 13, se observó diferencias estadísticas no significativas ( $P > 0,05$ ) para rendimiento, entre tanto que tanto para peso hectolítrico y para la enfermedad roya amarilla, se observó diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ). El promedio general del ensayo fue  $5,80 \text{ t ha}^{-1}$  y  $63,88 \text{ kg hl}^{-1}$ , respectivamente. Las mejores líneas para la variable rendimiento fueron: CD-20-002, CD-20-013 y CD-20-008, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CD-20-001, CD-20-003 y CD-20-007 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue muy bueno (\*\*).

Respecto a la presencia de enfermedades en campo, la enfermedad de mayor incidencia fue la roya amarilla, con un promedio de 23% de severidad. Estos resultados son bajos y no afectaron el desarrollo general de las plantas. Las líneas más resistentes a roya amarilla fueron: CD-20-001, CD-20-007, CD-20-002 y CD-20-011.

Con base en los resultados obtenidos en campo, se seleccionaron seis líneas de cebada: CD-20-002, CD-20-013, CD-20-008, CD-20-012, CD-20-006 y CD-20-009 por presentar características de alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a roya amarilla. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada dística para el ciclo 2022.

**Tabla 13**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para variables evaluadas en líneas de cebada dística del ensayo de rendimiento 2 (ER2). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. striiformis</i> (%)	Tipo de grano
CD-20-002	6,65	63,81	15	**
CD-20-013	6,28	63,25	25	*
CD-20-008	6,21	63,33	18	**
CD-20-012	6,19	64,23	27	**
CD-20-006	6,09	64,13	25	*
CD-20-010	6,06	63,62	32	**
CD-20-003	5,96	64,82	25	***
CD-20-011	5,86	63,90	15	**
CD-20-007	5,73	64,51	14	**
CD-20-009	5,61	62,73	30	*
CD-20-004	5,39	64,26	27	***
CD-20-005	5,38	62,54	37	**
INIAP-CAÑICAPA 2003	5,30	61,54	43	**
INIAP-GUARANGA 2010	5,14	64,69	1	**
CD-20-001	4,95	66,80	10	**
P valor	0,4062 n.s.	0,0145 *	0,0309 *	
LSD (p<0.05)	-	2,14771	21	
Promedio	5,80	63,88	23.0	

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

**Valor no calculado:** factor sin significancia.

<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: INIAP, 2021.

#### 4.4. Ensayo de rendimiento 3 de cebada hexástica (ER3 CH)

En la Tabla 14, se observó diferencias estadísticas ( $P \leq 0,01$ ) para rendimiento y roya de la hoja, mientras que para peso hectolítrico y roya amarilla, no se observa diferencias estadísticas significativas. El promedio general del ensayo fue 2,5 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 56,90 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolítrico). Las líneas con mejores rendimientos fueron: CH-18-004, CMU-19-003 y CH-12-005, con valores superiores al promedio general. Para peso hectolítrico las líneas: CMU-19-003, CH-17-003 y CH-18-004 presentaron los mejores resultados. El tipo de grano de las líneas evaluadas fue en general muy bueno (\*\*).

**Tabla 14**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para variables evaluadas en líneas de cebada hexástica del ensayo de rendimiento 3 (ER3). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. striiformis</i> (%)	<i>P. hordei</i> (%)	Tipo de grano
CH-18-004	5,87	62,35	1	47	***
CMU-19-003	3,91	67,17	0	53	**
CH-12-005	3,48	59,50	1	0	**
INIAP-CAÑARI 2003	3,31	64,15	1	8	*
INIAP-QUILOTOA 2003	3,15	57,89	3	1	**
CH-09-011	1,44	61,23	1	0	**
CH-17-003	1,41	62,89	3	1	**
CH-14-006	0,90	19,88	2	0	**
CH-18-007	0,76	-	0	0	*
CH-18-003	0,73	56,66	1	22	**
P valor	<0,0001 **	0,2067 n.s.	0,4133 n.s.	<0,0001 **	
LSD (p<0.05)	0,7	-	-	5,2	
Promedio	2,5	56,9	1,3	13,0	

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

<sup>b</sup>Valor no calculado: factor sin significancia. <sup>c</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: INIAP, 2021.

En cuanto a presencia de enfermedades, las enfermedades de mayor incidencia fueron roya amarilla (*Puccinia striiformis*) y roya de la hoja (*Puccinia hordei*), con promedios de 1,3 y 13% de severidad, respectivamente. Estos resultados son bajos y no afectaron el desarrollo general de las plantas. Las líneas con mayor resistencia a roya amarilla/ y de la hoja fueron: CD-12-005, CD-09-011 y CD-17-003.

Con base a los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron tres líneas de cebada: CH-18-004, CMU-19-003 y CH-12-005, por presentar características de alto rendimiento, peso hectolítrico y resistencia a royas. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada hexástica para el ciclo 2022.

#### 4.5. Ensayo de rendimiento 4 de cebada desnuda (ER4 CN)

En la Tabla 15, se observa diferencias estadísticas significativas para rendimiento y peso hectolítrico ( $P \leq 0,01$ ). El promedio general del ensayo fue 1,3 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 73,31 Kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolitrito). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: CN-20-006 y CN-14-027 y CN-14-028 con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico



las líneas: CN-20-016 y CN-20-007, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue muy bueno (\*\*).

**Tabla 15**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para variables evaluadas en líneas de cebada desnuda del ensayo de rendimiento 4 (ER4). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano
CN-20-006	3,40	72,63	**
INIAP ATAHUALPA-92	3,00	66,41	*
CN-14-027	2,80	75,10	**
CN-14-028	2,60	74,00	**
CN-20-014	2,40	74,27	***
CN-20-013	1,60	73,90	**
CN-20-012	1,60	74,70	**
CN-20-002	1,20	73,90	**
CN-20-016	1,10	76,24	**
CN-20-008	1,10	74,00	**
CN-20-007	1,00	76,23	**
CN-20-015	0,90	73,06	*
CN-20-003	0,90	72,30	**
CN-20-011	0,70	74,56	*
RITA PELADA	0,60	66,53	*
CN-20-010	0,50	75,66	*
CN-20-005	0,50	74,68	**
CN-20-004	0,40	72,50	*
CN-20-009	0,40	sd	*
CN-20-001	0,40	72,24	**
P valor	0,0066**	<0,0001**	
LSD (p<0.05)	1,7	3,6	
Promedio	1,3	73,31	

<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: INIAP, 2021.

Basados en los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron cinco líneas de cebada: CN-20-006, CN-14-027, CN-14-028 CN-20-014 y CN-20-016, por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada desnuda para el próximo ciclo 2022.

#### 4.6. Ensayo de rendimiento 5 de cebada maltera (ER5 CM)

En la Tabla 16, se observa diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,01$ ) para rendimiento y para la variable peso hectolítrico no observó significancia estadística. El promedio general del ensayo fue  $3,5 \text{ t ha}^{-1}$  (rendimiento) y  $66,77 \text{ kg hl}^{-1}$  (peso hectolitrito). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: CM-19-012, CM-19-009 y CM-19-010, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas CM-19-004, CM-19-011 y CM-19-005 presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fue muy bueno (\*\*).

**Tabla 16**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y tipo de grano en líneas de cebada maltera del ensayo de rendimiento (ER5). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Tipo de grano
INIAP-PACHA 2003	5,60	66,40	**
CM-19-012	5,00	65,13	**
CM-19-009	4,30	66,87	**
CM-19-010	3,70	67,20	**
CM-19-007	3,70	64,17	**
CM-19-002	3,50	67,50	*
CM-19-008	3,50	62,87	**
CM-19-006	3,20	66,00	**
CM-19-005	3,20	68,13	**
CM-19-003	3,00	67,67	**
CM-09-003	3,00	63,77	**
METCALFE	3,00	69,43	*
CM-19-004	2,90	70,57	**
CM-19-011	2,80	68,77	*
CM-19-001	1,60	67,13	**
P valor	0,0042**	0,0852 n.s.	
LSD (p<0.05)	2,8	-	
Promedio	3,5	66,77	

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

<sup>b</sup>Valor no calculado: factor sin significancia.

<sup>c</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, 2021.

Con base a los resultados obtenidos, se seleccionaron seis líneas de cebada: CM-19-012, CM-19-009, CM-19-010, CM-19-007, CM-19-002 y CM-09-003, por presentar características de alto rendimiento y peso hectolítrico. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento de cebada maltera para el próximo ciclo 2022.

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

Ochenta líneas de cebada (80), fueron evaluadas y purificadas en parcelas chicas, de las cuales se obtuvieron 2 kg de semilla de promedio por cada unidad experimental. Entre los resultados obtenidos, existen 11 líneas de grano grande, grueso, redondo, blanco o crema, 40 líneas de tipo de grano mediano, redondo, blanco o amarillo y 29 líneas de grano pequeño, delgado, manchado y chupado en el ensayo.

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

En el ensayo de surcos triples con líneas provenientes de ensayos nacionales (Tabla 17), se observó que los testigos locales (INIAP-Cañicapa 2003 e INIAP-Atahualpa 92) presentaron un promedio de rendimiento de 2,7 t ha<sup>-1</sup> y un peso hectolítrico promedio de 64,1 kg hl<sup>-1</sup>, mientras tanto que las líneas avanzadas presentaron un promedio de rendimiento de 2,2 t ha<sup>-1</sup> y 76,0 kg hl<sup>-1</sup> de peso hectolítrico. Se seleccionaron 12 líneas que formarán parte de los ensayos de rendimiento del año 2022.

**Tabla 17**

Estadística descriptiva para variables evaluadas en ensayo de surcos triples de cebada. EESC, 2021.

<b>Testigos mejorados</b>						
Variable	N°	Promedio	D.E.	CV (%)	Mínimo	Máximo
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	4	2,7	1,5	55,9	1,3	4,6
Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	4	64,1	1,0	1,6	63,3	65,6
<b>Líneas avanzadas</b>						
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	56	2,2	1,6	72,7	0,2	6,7
Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	46	76,0	1,2	1,6	72,8	78,1

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

Fuente: INIAP, 2021.

#### 4.9. Incremento de semilla de categoría Básica y Seleccionada

Durante el ciclo 2021 en la EESC, se incrementó dos variedades de cebada, con un total de 1080 kg de semilla de categoría básica (Tabla 18).

**Tabla 18**

Variedades de cebada incrementada categoría básica y seleccionada en la EESC, 2021.

N°	Nombre/o Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Cañicapa 2003	495
2	INIAP-Alfa 2021	585
	TOTAL	1080

Fuente: INIAP, 2021.

## 5. CONCLUSIONES

Durante el 2021, el Programa de Cereales evaluó 80 líneas promisorias de las cuales se seleccionaron 28 líneas de los ensayos de rendimiento y se evaluó 102 líneas avanzadas de las cuáles se seleccionaron 12 líneas de los surcos triples de cebada, germoplasma con características tanto para consumo humano como para maltería, y con características deseables de resistencia a enfermedades, alto rendimiento ( $>3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y calidad industrial, este material genético servirá como fuente para seleccionar líneas élites que a futuro podrán ser liberadas como variedades mejoradas para los productores cebaderos del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Incorporar dentro del proceso de selección del año 2022 al laboratorio de Calidad y Nutrición de la EESC, para seleccionar germoplasma con características superiores de calidad (contenido de proteína), además continuar con el proceso de mejoramiento y selección participativa en Campos de Productores, así como en campos experimentales, en busca de materiales promisorios de cebada.

## 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. and Espinoza, M. (2013). Boletín Divulgativo N° 390. El cultivo de cebada: Guía para la producción de semilla de calidad. INIAP-Ecuador.
- FAO (2018). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales.
- Grando, S., and Macpherson, H. G. (2005). Food barley: importance, uses and local knowledge. ICARDA, Aleppo, Syria.
- INEC (2020). 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.
- Ponce-Molina, L., Campaña, D., Noroña, J. y Garófalo, J. (2020). Actividades de Investigación en Cereales Año 2019. Boletín No. 175. INIAP, Ecuador. 74 p.
- Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. CIMMYT. México.

# CAPÍTULO 3

## Desarrollo y selección de poblaciones segregantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.), año 2021.

### (Development and selection of barley segregating populations (*Hordeum vulgare* L.), year 2021)

Luis Ponce-Molina<sup>1</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Javier Noroña<sup>1</sup>.

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

#### Resumen

Dentro del esquema de mejoramiento del Programa de Cereales de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP se encuentra la generación de variabilidad genética, es por ello, que anualmente se evalúa y selecciona poblaciones segregantes con el objetivo de buscar germoplasma con características superiores (rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad de grano). En el año 2021, se generaron 25 nuevos cruzamientos F1 y se evaluaron 635 poblaciones segregantes de diferentes filiales: F3, F4, F6 y F7; de las cuales se seleccionaron un total de 155 nuevas poblaciones segregantes con características deseables para ser evaluadas en el ciclo agrícola 2022.

Palabras Clave: cebada, mejoramiento, segregantes, selección.

#### Summary

Inside the improvement scheme of the Cereal Program of the Santa Catalina Experimental Station from INIAP is found the generation of genetic variability, for that reason, are evaluated and selected annually segregating populations looking for germplasm with superior characteristics (yield, resistance and quality). In 2021, was generated 25 new cross F1 and 635 segregating populations of different categories were evaluated (F2, F3, F5 and F6), of which a total of 155 new segregating populations with desirable characteristics were selected for evaluation in the next agricultural cycle, 2022.

Keywords: barley, plant breeding, segregating, selection.

## 1. ANTECEDENTES

La importancia del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) radica principalmente en su amplia adaptación y la gran diversidad de aplicaciones o usos de este cereal (Canal, 2012). En el Ecuador se la cultiva entre los 2 400 y 3 500 metros de altitud; según las estadísticas del INEC, la superficie dedicada al cultivo



de cebada fue de 11155 hectáreas, y las provincias con mayor área sembrada fueron: Chimborazo, Pichincha, Carchi, Bolívar, Tungurahua y Cotopaxi (INEC, 2020).

A nivel mundial, las enfermedades fúngicas son las principales causas de la reducción en el rendimiento en los cereales, y las enfermedades causadas por patógenos biotróficos como las royas son las que ocasionan los mayores daños al cultivo, debido a sus características de intensidad y momentos ontogénicos del cultivo en que ataca (Carretero *et al.*, 2012). En el Ecuador, las enfermedades más importantes son la roya amarilla (*Puccinia striiformis*), la roya de la hoja (*Puccinia hordei*), la escaldadura (*Rhynchosporium secalis*), el virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y el *Fusarium* spp., (Falconí *et al.*, 2013).

La generación continua de germoplasma con características deseables es fundamental en los Programas de Mejoramiento. Entre los métodos de mejoramiento empleados por el Programa de Cereales del INIAP se encuentran: cruzamientos y/o hibridaciones, retrocruzamientos, e introducciones provenientes de Centros Internacionales; que combinados con los métodos de selección: pedigree, masal, combinada, descendencia de una sola semilla y selección asistida; han permitido la generación y liberación de 14 variedades mejoradas.

El Programa de Mejoramiento de Cebada del INIAP tiene como objetivo, generar y desarrollar germoplasma mejorado con características de: 1) alto rendimiento y productividad; 2) resistentes a las principales enfermedades; y 3) calidad nutricional e industrial.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general.

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

### 2.2. Objetivos específicos.

- Realizar cruzamientos para la obtención de nuevas poblaciones segregantes mejoradas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con alto rendimiento ( $\geq 3$  t ha<sup>-1</sup>), resistentes a roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia hordei*), escaldadura (*Rhynchosporium secalis*), virus del enanismo amarillo (BYDV) y *Fusarium* spp., con buenas características agronómicas y de calidad.
- Evaluar y seleccionar individuos en cada una de las poblaciones segregantes de cebada (F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>6</sub> y F<sub>7</sub>), que sean resistentes a las principales enfermedades, con características agronómicas deseables, productivas y de calidad.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Desarrollo de poblaciones filiales (F<sub>1</sub>) de cebada

El desarrollo de las poblaciones de cebada en la EESC estuvo orientado a la generación de líneas agronómicas deseables. Se realizó cruces entre diferentes parentales (Tabla 19, 20 y 21), con el objetivo de generar líneas con buenas características agronómicas de precocidad, altura de planta, tipo de grano y de tallo.

**Tabla 19**

Progenitores de cebada utilizados en el bloque de cruzamientos 1. EESC, 2021.

No.	Línea/Varietal	Origen	Características
<b>Parental Femenino 1 ♀</b>			
	INIAP-Cañicapa 2003	CN-2020	Buen tipo de grano, productividad, resistencia parcial
<b>Parental Masculino ♂</b>			
1	Boliviana	CN-2020 S-3	Buen tipo de grano, resistencia parcial
2	INIAP-Guaranga 2010	CN-2020 S-27	Buen tipo de grano, resistencia parcial
3	ATAHUALPA/I01645	ST-2020 S-65	Buena espiga, buen tipo de grano, peso hectolítrico
4	CMU-19-002	ER1-2020 V-14	Buena espiga, tipo de grano, resistente
5	CT-2189	CN-2020 S-86	Buen tipo de grano, buena espiga, rendimiento

Fuente: INIAP, 2021.

**Tabla 20**

Progenitores de cebada utilizados en el bloque de cruzamientos 2. EESC, 2021.

No.	Línea/Varietal	Origen	Características
<b>Parental Femenino 2 ♀</b>			
1	INIAP-Ñusta 2016	CN-2020	Tipo de grano, resistente
<b>Parental Masculino ♂</b>			
1	Rita Pelada	CN-2020 S-45	Calidad, tipo de tallo 3
2	INIAP-Atahualpa 92	S-21	Calidad, buen tipo de grano
3	ATAHUALPA/I01645	ST-2020 S-65	Buena espiga, buen tipo de grano, peso hectolítrico
4	Capuchona	CN-2020 S-4	Peso hectolítrico, grano desnudo
5	CT-2105	S-64	Grano desnudo, peso hectolítrico
6	Selec. Atahualpa 2020	ST-I. Atahualpa 2020 S-3	
7	Selec. Atahualpa 2020	S-10	
8	Selec. Atahualpa 2020	S-11	Alto rendimiento. Buen grano desnudo
9	Selec. Atahualpa 2020	S-12	
10	Selec. Atahualpa 2020	S-14	
11	Selec. Atahualpa 2020	S-15	

Fuente: INIAP, 2021.

**Tabla 21**

Progenitores de cebada utilizados en el bloque de cruzamientos 3. EESC, 2021.

No.	Línea/Varietal	Origen	Características
<b>Parental Femenino 3 ♀</b>			
	Rita Pelada	CN-2020	Susceptible, tipo de tallo débil
<b>Parental Masculino ♂</b>			
1	CMUT Rita Pelada 1	CMUT-2018 V-75	
2	CMUT Rita Pelada 2	V-76	
3	CMUT Rita Pelada 3	V-77	Buen tipo de tallo
4	CMUT Rita Pelada 4	V-78	
5	CMUT Rita Pelada 5	V-79	

Fuente: INIAP, 2021.

### 3.2. Evaluación de poblaciones segregantes $F_2$ , $F_3$ , $F_5$ , y $F_6$ 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 fueron realizadas durante el ciclo del cultivo y se seleccionó germoplasma con características deseables de alto rendimiento y calidad industrial.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Desarrollo de poblaciones filiales ( $F_1$ ) de cebada

En el ciclo 2021, se obtuvieron 25 nuevas líneas  $F_1$  provenientes de los Bloques de Cruzamientos, los cuales se incrementaron en invernadero para su posterior siembra en campo (Tabla 22).

**Tabla 22**

Poblaciones  $F_1$  de cebada provenientes del bloque de cruzamientos. EESC, 2021.

Nº. Surco	Pedigree	Origen EESC $F_1$ /2021
1	Boliviana/INIAP-Cañicapa 2003 E-HV21-9984	Cruza P-1
2	INIAP-Guaranga 2010/INIAP-Cañicapa 2003 E-HV21-9985	P-2
3	ATAHUALPA/I01645//INIAP-Cañicapa 2003 E-HV21-9986	P-3
4	CMU-19-002/INIAP-Cañicapa 2003 E-HV21-9987	P-4
5	CT-2189/INIAP-Cañicapa 2003 E-HV21-9988	P-5

Continuación...

6	INIAP-Cañicapa 2003/INIAP-Guaranga 2010 E-HV21-9989	P-6
7	INIAP-Cañicapa 2003//ATAHUALPA/I01645 E-HV21-9990	P-7
8	INIAP-Cañicapa 2003/CMU-19-002 E-HV21-9991	P-8
9	INIAP-Atahualpa 92/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9992	P-9
10	ATAHUALPA/I01645//INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9993	P-10
11	Capuchona/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9994	P-11
12	INIAP-Atahualpa 92_S3/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9995	P-12
13	INIAP-Atahualpa 92_S10/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9996	P-13
14	INIAP-Atahualpa 92_S11/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9997	P-14
15	INIAP-Atahualpa 92_S12/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9998	P-15
16	INIAP-Atahualpa 92_S14/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-9999	P-16
17	INIAP-Atahualpa 92_S15/INIAP-Ñusta 2016 E-HV21-10000	P-17
18	INIAP-Ñusta 2016/INIAP-Atahualpa 92 E-HV21-10001	P-18
19	INIAP-Ñusta 2016//ATAHUALPA/I01645 E-HV21-10002	P-19
20	INIAP-Ñusta 2016/INIAP-Atahualpa 92_S12 E-HV21-10003	P-20
21	CMUT Rita Pelada 1/Rita Pelada E-HV21-10004	P-21
22	CMUT Rita Pelada 2/Rita Pelada E-HV21-10005	P-22
23	CMUT Rita Pelada 3/Rita Pelada E-HV21-10006	P-23
24	CMUT Rita Pelada 4/Rita Pelada E-HV21-10007	P-24
25	CMUT Rita Pelada 5/Rita Pelada E-HV21-10008	P-25

Fuente: INIAP, 2021.

## 4.2. Evaluación de poblaciones F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub>, F<sub>6</sub> y F<sub>7</sub> en campo

Durante el año 2021, se sembraron y evaluaron en campo: 455 poblaciones segregantes F<sub>3</sub>, 155 poblaciones F<sub>4</sub>, 10 poblaciones F<sub>6</sub> y 15 poblaciones de F<sub>7</sub>. (Tabla 23).

**Tabla 23**

Poblaciones segregantes de cebada evaluadas y seleccionadas. EESC, 2021.

Filial	Evaluadas	Total seleccionadas	Cosechadas		
			Espigas	Plantas	Parcelas
F3	455	120 M/PG <sup>2</sup>	-	-	120
F4	155	28M/PG	-	-	28
F6	10	3 M <sup>1</sup>	-	-	3
F7	15	4 M <sup>1</sup>	-	-	4
Total	635	155	-	-	155

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

Fuente: INIAP, 2021.

Al final del ciclo se seleccionaron 155 nuevas filiales: 120 líneas para F<sub>3</sub>, 28 para F<sub>4</sub>, 3 para F<sub>6</sub> y 4 para F<sub>7</sub>, las cuales serán evaluadas durante el ciclo agrícola 2022.

## 5. CONCLUSIONES

Durante el ciclo 2021 se evaluaron 635 filiales de diferentes categorías de las cuales el Programa de Cereales seleccionó 155 poblaciones segregantes que avanzarán a la siguiente generación, y adicionalmente se generó 25 nuevas poblaciones F<sub>1</sub>; todas estas poblaciones segregantes serán evaluadas el próximo ciclo en busca de germoplasma con características deseables que cumplan con las necesidades del productor cebadero del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer una purificación del material de la Colección Nacional para disponer de material puro para los bloques de cruzamientos, evitando cruzamientos indeseables, y continuar con el mejoramiento genético, la evaluación y selección de materiales de las diferentes filiales de cebada en el próximo ciclo de evaluación.

## 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., 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>

INEC (2020). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continúa.



# CAPÍTULO 4

## Evaluación de rendimiento y características agronómicas de líneas promisorias de trigo (*Triticum aestivum* L.), año 2021.

### (Evaluation of yield and agronomic characteristics of wheat promisor lines (*Triticum aestivum* L.), year 2021)

Luis Ponce-Molina<sup>1</sup>, Javier Garófalo<sup>1</sup>, Javier Noroña<sup>1</sup>.

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

#### Resumen

El trigo es uno de los cereales de mayor importancia en el mundo. En el Ecuador la importación de este cereal supera el millón de toneladas anuales. Su cultivo se realiza en zonas agroecológicas comprendidas entre los 2 000 y 3 200 metros de altitud en la Sierra ecuatoriana. La producción nacional alcanza las 2 t ha<sup>-1</sup>, entre tanto, que la media regional es de 3 t ha<sup>-1</sup>. Entre los factores de mayor importancia que limitan este cultivo se encuentran las enfermedades fúngicas, como las royas, que pueden reducir la producción de grano hasta un 100% en variedades susceptibles. El uso de variedades mejoradas resistentes es la manera más económica y eficiente de controlar las enfermedades. El Programa de Cereales del INIAP es el responsable de la generación de nuevas tecnologías o variedades mejoradas, con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad industrial. Durante el ciclo 2021, dentro de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se implementaron los denominados ensayos de rendimiento (ER) con el objetivo de evaluar y seleccionar germoplasma avanzado de trigo adaptado a nuestras condiciones y con características deseables. En total se evaluaron 210 líneas avanzadas, distribuidas en tres ensayos de rendimiento (55 líneas) y en ensayos de surcos triples (155 líneas). Las variables que evaluaron fueron: 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 38 líneas con características superiores, las cuales serán evaluadas durante el ciclo 2022.

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

#### Summary

Wheat is one of the most important cereals in the world. In Ecuador the import of this cereal exceeded the million tons annually. This crop is cultivated in agroecological areas between 2 000 and 3200 meters of altitude in the

Ecuadorian Highlands. The national average is 2 t ha<sup>-1</sup>, while the regional average is 3 t ha<sup>-1</sup>. Between the main limiting factors for this crop are fungus diseases, like rusts, that reduce productivity by up to 100% in susceptible materials. Use resistant improved varieties is the most economical and efficient way of control. The Cereal Program of INIAP is the responsible of the generation of new technologies or improved varieties, with characteristics of resistance to disease, productivity and industrial quality. During 2021 cycle, in experimental fields of the Santa Catalina Experimental Station (EESC), the called yield trails (ER) were implemented, which goal is evaluating and selecting advanced wheat germplasm adapted to our conditions and with desirable characteristics. A total of 210 advanced lines were evaluated in three yield trails (55 lines) and in the triple furrows (155 lines). The evaluated variables were: establishment, vigor, growth habit, plant height, disease resistance, days of heading, harvest days, yield and quality. Finally, 38 lines with superior characteristics were selected, which will be evaluated during the 2022 cycle.

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

## 1. ANTECEDENTES

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cereales de mayor importancia en el mundo (FAO, 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). En el año de 2020 se importaron 1'096 589 toneladas de granos de trigo (MAG, 2020) y se sembraron 6880 hectáreas (INEC, 2020). El Ecuador registró una productividad por unidad de superficie de 2 t ha<sup>-1</sup> (INEC, 2020), mientras que a nivel mundial la productividad supera las 3 t ha<sup>-1</sup> (FAO, 2019). En Ecuador, el trigo es cultivado en la Sierra ecuatoriana entre los 2 000 y 3 200 metros de altitud, las principales provincias productoras de este cereal son: Carchi (2 976 ha), Chimborazo (1 361 ha), Bolívar (1 119 ha), Imbabura (699 ha) y Pichincha (361 ha) (INEC, 2020).

En la actualidad, uno de los problemas en el cultivo de trigo, radica que las variedades mejoradas a través del tiempo se han vuelto susceptibles a enfermedades, reduciendo los rendimientos, por esta razón, es necesario que los procesos de investigación, a través del mejoramiento genético entregue continuamente al agricultor nuevas variedades mejoradas adaptadas a diferentes condiciones agroecológicas y con características de resistencia a enfermedades y alto rendimiento. (Ponce-Molina et al., 2020).

Las enfermedades causadas por hongos son la principal causa de reducción del rendimiento en trigo; especialmente las royas, las cuales ocasionan los mayores daños al cultivo (Carretero et al., 2012). Por su incidencia y severidad en Ecuador, las enfermedades más importantes son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia triticina*), virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y *Fusarium* spp. (Almacenas et al., 2013). Otra enfermedad que está tomando connotación en Ecuador es la roya del tallo (*Puccinia graminis*) (Stubbs et al., 1986).

Desde su creación el Programa de Cereales del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, ha generado y desarrollado 18 nuevas variedades mejoradas de trigo las mismas que han sido entregadas y puestas a disposición de los productores trigueros del Ecuador, diversificando el material genético en campos de productores, contribuyendo así con el desarrollo del agro ecuatoriano.

La mejora genética y la generación de germoplasma con características deseables, es un proceso continuo, en tal virtud el Programa de Cereales evalúa anualmente alrededor de 100 líneas promisorias que son seleccionadas bajo condiciones de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) y nos permitirá identificar los genotipos mejor adaptados, de alto rendimiento ( $\geq 3 \text{ t ha}^{-1}$ ), resistentes a enfermedades (severidad  $<20\%$ ) y con calidad agroindustrial.

El Programa de Cereales del INIAP tiene como objetivos generar, evaluar y seleccionar germoplasma de trigo con características deseables que se adapten a las principales zonas agroecológicas del Ecuador. Actualmente, se cuenta con germoplasma mejorado, introducidos y cruza propias, que se está evaluando en los campos experimentales de la EESC, que posteriormente serán evaluados y seleccionados por rendimiento, resistencia y calidad de grano en campos de agricultores de la Sierra ecuatoriana.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

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

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar líneas promisorias de trigo resistente a roya amarilla (*P. striiformis*) roya de la hoja (*P. triticina*), roya del tallo (*Puccinia graminis*), virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y *Fusarium spp*, con buena adaptación, alto rendimiento, calidad de grano y características agronómicas deseables (altura, tipo de tallo, precocidad).
- Multiplicar las líneas promisorias de trigo para la obtención de semilla fitomejorador de calidad.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2021 en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), fueron evaluadas 55 líneas de trigo distribuidas en tres ensayos de rendimiento (Tabla 24). Los ensayos de investigación se implementaron en el Lote B4 de la EESC del INIAP.

**Tabla 24**

Experimentos de rendimiento evaluados en la EESC, 2021.

<b>Ensayos*</b>	<b>Número de líneas evaluadas</b>
ER1 TH	15
ER2 TH	20
ER3 TH	20
<b>Total</b>	<b>55</b>

\*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.

Fuente: INIAP, 2021.

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 m x 1,2 m). Las variables evaluadas fueron: variables agronómicas, resistencia a enfermedades, rendimiento y parámetros de calidad. Los datos recopilados fueron analizados con el programa estadístico InfoStat versión Profesional 2020. Se realizaron análisis de varianza y la prueba de separación de medias LSD 0.05.

### **3.2. Parcelas chicas (PCs) de trigo**

Las PC es un ensayo que contiene las líneas evaluadas en los ensayos de rendimiento, con el objetivo de purificar el material a través de la desmezcla y de esta forma obtener semilla pura de las líneas seleccionadas que conformarán los experimentos del siguiente ciclo de evaluación. Fueron evaluadas 55 líneas en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup> (3 m x 1,2 m).

### **3.3. Ensayo de surcos triples (STs) de trigo**

Los surcos triples son ensayos de observación en los cuales se evaluó el germoplasma avanzado, tanto el 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 año 2021 el ensayo estuvo conformado por 155 líneas, 55 líneas provenientes de ensayos internacionales y 100 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 básica y seleccionada**

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

### 3.5. Manejo de los ensayos

La cantidad de semilla para la siembra fue 180 kg ha<sup>-1</sup>. Al momento de la siembra se aplicó 60 kg de Nitrógeno, 75 kg de Fósforo, 38 kg de Potasio, a través de 250 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (15-30-15). Posteriormente al macollamiento se aplicó 100 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 30 g ha<sup>-1</sup> de Matancha® (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.

### 3.6. Variables y métodos de evaluación

- **Rendimiento:** las parcelas fueron cosechadas a la madurez (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.
- **Incidencia de enfermedades:** a los 90 y 120 días después de la siembra se evaluó la incidencia de enfermedades (roya amarilla, roya de la hoja, fusarium, virosis, entre otras) y se expresó en porcentaje para las royas y fusarium de la espiga y en la escala de 0 al 9 para virosis. (Stubbs et al., 1986; Ponce-Molina et al., 2019). En el presente informe se reportará la incidencia y severidad a roya amarilla (*Puccinia striiformis*).

## 4. RESULTADOS

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

En la Tabla 25, se observó alta significancia estadística ( $P \leq 0,01$ ), para rendimiento y peso hectolítrico, y ninguna significancia estadística para roya amarilla. El promedio general del ensayo fue 6,4 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 73,23 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolitro). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-19-012, TA-18-005 y TA-20-001, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico la línea TA-19-012 presentó el mejor resultado comparado con el testigo INIAP-Imbabura 2014. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fueron: grano grueso/bueno y de color blanco (1B\*).

**Tabla 25**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para variables evaluadas en líneas de trigo del Ensayo de Rendimiento (ER1). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. striiformis</i> (%)	Tipo de grano
TA-19-012	9,20	76,50	14	2R*
TA-18-005	8,50	73,96	4	1B+
TA-20-001	8,20	73,16	2	2B*
TA-19-003	8,00	75,98	7	2B+
TA-19-011	7,40	76,35	2	2R*
TA-18-008	7,00	69,06	1	1B+
TA-19-008	6,60	76,30	1	2R*
INIAP-VIVAR 2010	6,30	71,12	1	2R*
TA-18-004	6,00	73,54	2	1B+
TA-17-011	5,70	69,68	4	1B+
TA-14-004	5,20	70,74	4	2B+
TA-20-002	5,00	71,20	1	3B+
TA-18-012	4,90	74,04	2	1B+
INIAP-IMBABURA 2014	4,60	77,26	1	2R*
TA-19-013	3,70	69,50	1	1B*
P valor	<0,0001**	<0,0001**	0,5642 n.s	
LSD (p<0.05)	1,9130	1,3421	-	
Promedio	6,40	73,23	3,10	

**Nivel de significancia 5%:** (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo.

**Valor no calculado:** factor sin significancia.

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

Fuente: INIAP, 2021.

La enfermedad de mayor incidencia que se presentó fue la roya amarilla, con un promedio de 3,1 % de severidad. Estos resultados son bajos y no afectaron el desarrollo de las plantas. Las líneas más resistentes a roya amarilla fueron: TA-18-008, TA-19-008, TA-20-002 y TA-19-013.

Con base a los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron seis líneas de trigo: TA-20-001, TA-19-003, TA-18-008, TA-19-008, TA-17-011 y TA-20-002, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico, calidad de grano y resistencia a roya. Estas líneas pasarán a formar los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2022.

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

En la Tabla 26, se observó alta significancia estadística ( $P \leq 0,01$ ) para rendimiento y peso hectolítrico, mientras que para la enfermedad de roya amarilla no se observó significancia estadística ( $P \geq 0,01$ ). El promedio general



del ensayo fue 4,4 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 72,85 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolitrico). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-20-016, TA-20-018, TA-20-003 y TA-20-014, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítico las líneas TA-20-015, TA-20-017 y TA-20-018, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fueron: grano grueso/bueno y de color blanco (1B\*).

**Tabla 26**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para variables evaluadas en líneas de trigo del Ensayo de Rendimiento (ER2). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. striiformis</i> (%)	Tipo de grano
TA-20-016	7,20	73,16	4	1R+
TA-20-018	6,30	75,60	4	1B+
TA-20-003	6,30	72,78	1	2B*
TA-20-014	5,50	73,67	2	1B*
TA-20-005	5,30	72,73	1	2B*
TA-20-004	5,10	74,39	2	2B*
TA-20-015	5,10	76,80	0	1R*
TA-20-013	4,50	71,33	2	1R+
TA-20-012	4,50	71,08	2	1B+
TA-20-017	4,30	75,83	1	1B*
TA-20-009	4,10	70,26	2	1B+
TA-20-019	3,90	70,13	1	1B+
TA-20-006	3,70	71,83	4	1B*
TA-20-020	3,70	70,74	0	1B+
TA-20-010	3,50	71,47	2	1B+
TA-20-011	3,50	73,32	1	1B+
INIAP-VIVAR 2010	3,30	70,92	3	2R*
INIAP-IMBABURA 2014	2,80	76,03	5	2R*
TA-20-008	2,40	72,64	2	1B*
TA-20-007	2,40	72,23	1	1R+
P valor	0,0025 **	<0,0001 **	0,7008 n.s	
LSD (p<0.05)	2,1898	0,9851	-	
Promedio	4,40	72,85	2,00	

**Nivel de significancia 5%:** (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

**Valor no calculado:** factor sin significancia.

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

Fuente: INIAP, 2021.

La enfermedad que mayor incidencia presentó fue la roya amarilla, con un promedio de 2,0 % de severidad respectivamente. Estos resultados son bajos y no afectaron al desarrollo general de las plantas. Las líneas más resistentes a roya amarilla fueron: TA-20-015 y TA-20-020.

Con base a los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron diez líneas de trigo: TA-20-016, TA-20-018, TA-20-003, TA-20-014, TA-20-005, TA-20-004, TA-20-015, TA-20-013, TA-20-012 y TA-20-017, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico, calidad de grano y resistencia a roya. Estas líneas formarán parte de los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2022.

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

En la Tabla 27, se observa significativa estadística para rendimiento y peso hectolítrico, mientras que para roya amarilla no se observó significancia estadística. El promedio general del ensayo fue 1,5 t ha<sup>-1</sup> (rendimiento) y 71,64 kg hl<sup>-1</sup> (peso hectolitrito). Las mejores líneas para la variable de rendimiento fueron: TA-20-032 y TA-20-035, con valores superiores al promedio general del ensayo. Para peso hectolítrico las líneas TA-20-035 y TA-20-032, presentaron los mejores resultados. En general el tipo de grano de las líneas evaluadas fueron: grano pequeño/regular y de color blanco (3B+).

La enfermedad de mayor incidencia fue la roya amarilla, con un promedio de 2,8 % de severidad. Estos resultados son bajos y no afectaron al desarrollo general de las plantas. Las líneas más resistentes a roya amarilla fueron: TA-20-032 y TA-20-038.

Con base a los resultados obtenidos de campo, se seleccionaron dos líneas de trigo: TA-20-032 y TA-20-035, por presentar alto rendimiento, peso hectolítrico, calidad de grano y resistencia a roya. Estas líneas formarán parte de los ensayos de rendimiento de trigo en el año 2022.

**Tabla 27**

ANOVA y Fisher-LSD al 5% para variables evaluadas en líneas de trigo del Ensayo de Rendimiento (ER3). EESC, 2021.

Línea	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. striiformis</i> (%)	Tipo de grano
TA-20-032	3,30	75,18	1	2R*
TA-20-035	2,60	76,30	2	2B*
INIAP-IMBABURA 2014	2,60	77,63	2	1R*
TA-20-034	2,40	74,97	5	1R+
TA-20-031	2,20	74,35	2	2B*
TA-20-030	2,20	72,37	2	1B+
TA-20-038	1,90	74,84	1	3B+
TA-20-036	1,90	70,40	4	3B+
TA-20-033	1,70	72,26	5	1R*

Continuación...

TA-20-024	1,60	72,30	2	3B+
TA-20-023	1,30	71,67	2	3B+
INIAP-VIVAR 2010	1,20	71,07	1	1R*
TA-20-037	1,10	71,75	2	3B+
TA-20-028	1,10	71,53	4	3R+
TA-20-021	0,90	47,67	4	3B+
TA-20-026	0,90	72,07	4	1B+
TA-20-029	0,50	71,90	2	3B+
TA-20-025	0,50	70,37	2	2B*
TA-20-022	0,50	70,43	2	3B+
TA-20-027	0,40	73,76	5,33	3B+
P valor	<0,0001 **	<0,0001 **	0,7392	
LSD (p<0.05)	1,0990	2,5419	-	
Promedio	1,50	71,64	2,80	

**Nivel de significancia 5%:** (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

**Valor no calculado:** factor sin significancia.

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

Fuente: INIAP, 2021.

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

Cincuenta y cinco (55) líneas de trigo (40), fueron evaluadas y purificadas en parcelas chicas, de las cuales se obtuvieron 2 kg de semilla de promedio por cada unidad experimental. De las evaluaciones realizadas, se determinaron 15 líneas de tipo de grano grande, grueso, redondo, blanco o crema; 20 líneas de tipo de grano mediano, redondo, blanco o amarillo; y 20 líneas de grano pequeño, delgado, manchado y chupado en el ensayo. Adicionalmente, en el ensayo se obtuvo 37 líneas de color blanco y 18 líneas de color rojo en todo el ensayo.

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

En el ensayo de surcos triples con líneas provenientes de ensayos internacionales (Tabla 28), se observó que los testigos locales (INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014) presentaron un promedio de rendimiento de 1,9 t ha<sup>-1</sup> y un peso hectolítrico promedio de 72,5 kg hl<sup>-1</sup>, con una desviación estándar de 0,9 y 3,0, respectivamente, mientras tanto que las líneas avanzadas presentaron un promedio de rendimiento de 2,4 t ha<sup>-1</sup> y 71,2 kg hl<sup>-1</sup> de peso hectolítrico, con una desviación estándar de 1,3 y 1,9, respectivamente.

**Tabla 28**

Estadística descriptiva de ensayo de surcos triples de líneas internacionales de trigo. EESC, 2021.

<b>Testigos mejorados</b>						
Variable	N°	Promedio	D.E.	CV (%)	Mínimo	Máximo
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	4	1,9	0,9	46,1	0,9	3,0
Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	4	72,5	3,0	4,2	70	76,8
<b>Líneas avanzadas internacionales</b>						
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	51	2,4	1,3	53,2	0,3	5,1
Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	51	71,2	1,9	2,7	66,6	76,4

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

Fuente: INIAP, 2021.

En el ensayo de surcos triples con líneas provenientes de ensayos nacionales (Tabla 29), se observó que los testigos locales (INIAP-Vivar 2010 e INIAP-Imbabura 2014) presentaron un promedio de rendimiento de 5,5 t ha<sup>-1</sup> y un peso hectolítrico promedio de 72,3 kg hl<sup>-1</sup>, con una desviación estándar de 1,0 y 3,3, respectivamente, mientras tanto que las líneas avanzadas nacionales presentaron un promedio de rendimiento de 6,2 t ha<sup>-1</sup> y 73,0 kg hl<sup>-1</sup> de peso hectolítrico, con una desviación estándar de 1,3 y 2,1, respectivamente.

**Tabla 29**

Estadística descriptiva de ensayo de surcos triples de líneas nacionales de trigo. EESC, 2021.

<b>Testigos mejorados</b>						
Variable	N°	Promedio	D.E.	CV (%)	Mínimo	Máximo
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	8	5,5	1,0	18,6	4,0	7,0
Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	8	72,3	3,3	4,5	69,1	76,5
<b>Líneas avanzadas nacionales</b>						
Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	92	6,2	1,3	21,2	2,1	8,3
Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	92	73,0	2,1	2,8	68,9	77,6

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

Fuente: INIAP, 2021.

De los ensayos de surcos triples evaluados durante el ciclo agrícola 2021, se seleccionaron 20 líneas, que formarán parte de los ensayos de rendimiento del ciclo 2022.

#### **4.6. Incremento de semilla con categoría Básica y Seleccionada.**

Durante el ciclo 2021 en la EESC, se incrementó tres variedades de trigo, obteniéndose un total de 900 kg de semilla de categoría básica (Tabla 30).

**Tabla 30**

Variedades de trigo incrementada categoría Básica y seleccionada en la EESC, 2021.

N°	Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Vivar 2010	360
2	INIAP-Imbabura 2014	495
3	INIAP-Zhalao 2003	45
<b>Total</b>		<b>900</b>

Fuente: INIAP, 2021.

## 5. CONCLUSIONES

Durante el ciclo 2021 se evaluaron 55 líneas promisorias y se seleccionaron 18 líneas de los ensayos de rendimiento, por su parte, se evaluaron 155 líneas avanzadas y se seleccionaron 20 líneas de los ensayos de surcos triples; este germoplasma fue seleccionado por sus características deseables de resistencia a enfermedades, alto rendimiento ( $>3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y calidad, que servirán de base para seleccionar líneas élites que podrán ser liberadas como futuras variedades mejoradas para los productores trigueros del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Se ve necesario incluir dentro del proceso de selección un análisis de calidad que permita seleccionar materiales con alto contenido de proteína, parámetro requerido por la Industria. Continuar con el proceso de mejoramiento y selección de materiales promisorios de trigo, que presentan características deseables: agronómicas, alto rendimiento y de calidad industrial. Las cuales servirán como fuente de diversidad para el Programa de Cereales y para los productores.

## 7. REFERENCIAS

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

AMIS-Agricultural Market Information System. (2021). Consultado el 20 de mayo de 2021. <http://www.amis-outlook.org/>

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

FAOSTAT Statistics Database (2019). Consultado 18 de marzo del 2020 en [<http://www.fao.org/faostat/en/#data>].

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC – ESPAC. (2020). Cifras agroproductivas. Recuperado de: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>.

Ponce-Molina L., Garófalo J., Campaña D. y Noroña P. (2019). Parametros de Evaluación y Selección en Cereales. Manual No. 111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p.

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

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2020). “Sistema de Información Pública Agropecuaria: Trigo; Importación a Ecuador. Recuperado de: <http://sipa.agricultura.gob.ec/inex.php/comercio-exterior>.

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



# 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>, Javier Noroña<sup>1</sup>.

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

#### Resumen

Parte fundamental de un programa de mejoramiento es la generación, evaluación y selección de nuevas poblaciones mejoradas. 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 2021, se generaron 20 nuevos cruzamientos y se evaluaron diferentes poblaciones segregantes que dieron un total de 630 (F3 y F4), de las cuales se seleccionaron un total de 183 poblaciones con características deseables para ser evaluados en el siguiente ciclo agrícola.

Palabras clave: mejoramiento, segregantes, selección, trigo.

#### Summary

A fundamental part of a breeding program is the generation, evaluation and selection of new improved populations. Therefore, INIAP's Cereal Program's annual objective is to generate new improved populations in search of materials with superior characteristics that meet the needs of users. During the 2021 cycle, 20 new crosses were generated and different segregating populations were evaluated for a total of 630 (F3 and F4), from which a total of 183 populations with desirable characteristics were selected to be evaluated in the following agricultural cycle.

Keywords: plant breeding, segregating, selection, wheat.

## 1. ANTECEDENTES

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es el tercer cereal más cultivado a nivel mundial (FAO, 2018). En Ecuador, durante el año de 2020 se importó más de un millón de toneladas de grano de este cereal (MAG, 2020), mientras que su productividad alcanza las 2,0 t ha<sup>-1</sup>, a nivel mundial la productividad supera las 3 t ha<sup>-1</sup> (INEC,

2020). El trigo es cultivado principalmente en la Sierra ecuatoriana entre los 2 000 y 3 200 metros de altitud, las principales provincias productoras de este cereal son: Carchi, Chimborazo, Bolívar, Imbabura y Pichincha

Uno de los problemas actuales es que las variedades vigentes de trigo con el tiempo pierden la resistencia a enfermedades (royas, fusarium, entre otras) y sus rendimientos decrecen (no superan  $1 \text{ t ha}^{-1}$ ), por esta razón, es necesario que el proceso de investigación con el mejoramiento genético entregue continuamente al agricultor nuevas variedades adaptadas y con características de resistencia y alto rendimiento. La forma más económica y ambientalmente sostenible de combatir las enfermedades es mediante el uso de germoplasma resistente a estas enfermedades, trabajo que debe ser realizado por los entes de investigación nacional como el INIAP en Ecuador (Ponce-Molina et al., 2020).

La incidencia de una serie de factores bióticos y abióticos, ha significado el incremento del precio de los alimentos y, por otro lado, la progresiva disminución en el suministro de estos. En una perspectiva global, las enfermedades fúngicas son una de las principales causas de la reducción en el rendimiento en trigo. Entre éstas, las enfermedades causadas por patógenos biotróficos como las royas con las que ocasionan los mayores daños al cultivo, debido a sus características de intensidad y momentos ontogénicos del cultivo en que ataca (Carretero et al., 2012). Por su frecuencia de aparición y severidad en Ecuador, las enfermedades más importantes son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia triticina*), virus del enanismo amarillo (BYDV) y *Fusarium* spp. (Almacenas et al., 2013). Adicionalmente se incluye la roya del tallo (*Puccinia graminis*), como nuevo agente causante que presenta esta enfermedad en el Ecuador (Stubbs et al., 1986).

Entre los métodos de mejoramiento empleados por el Programa de Cereales del INIAP, para la generación de germoplasma de trigo con características deseables se encuentran: cruzamientos y/o hibridaciones, retrocruzamientos, e introducciones provenientes de Centros Internacionales; y como herramienta complementaria se utilizan los métodos de selección de pedigree, masal, combinada, descendencia de una sola semilla y selección asistida.

Las poblaciones de materiales segregantes, producto de los cruzamientos, están constituidas por genotipos muy diversos, y en cada generación es necesario seleccionar individuos diferentes. Los métodos de selección utilizados por el Programa de Cereales son los siguientes: masal, consiste en cosechar todas las plantas de la parcela, formando una sola muestra; masal-selecto, en la parcela se seleccionan varias plantas o espigas con características morfológicas similares, para luego formar una sola muestra; y pedigrí, consiste en seleccionar dentro de cada parcela, plantas o espigas con buenas características morfológicas y de resistencia a enfermedades, y manteniéndolas de forma individual para el siguiente ciclo. (Ponce-Molina et al., 2019)

El Programa de Mejoramiento de Trigo del INIAP tiene como objetivo, generar y desarrollar germoplasma mejorado con características de: 1) alto rendimiento y productividad; 2) resistencia a las principales enfermedades como royas del tallo y de la hoja en la sierra baja, y lineal en la Sierra alta; y 3) calidad nutricional e industrial.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

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

### 2.2. Objetivos específicos

- Realizar cruzamientos para la obtención de nuevas poblaciones mejoradas con alto potencial de rendimiento ( $4 \text{ t ha}^{-1}$ ), resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*Puccinia titricina*), roya del tallo (*Puccinia graminis*), virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV), *Fusarium* spp., con buenas características agronómicas y de calidad.
- Evaluar y seleccionar individuos en cada una de las poblaciones segregantes de trigo ( $F_3$  y  $F_4$ ), que sean resistentes a las principales enfermedades, con características agronómicas deseables, productivas y de calidad.

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Desarrollo de poblaciones filiales ( $F_1$ ) de trigo

En la EESC se desarrollaron poblaciones de trigo, orientadas a la generación de líneas con resistencia a enfermedades (roya amarilla y de la hoja), calidad harinera y con características agronómicas deseables. En el bloque de cruzamientos se realizaron cruces entre líneas y variedades mejoradas del INIAP (Tabla 31).

**Tabla 31**

Progenitores de trigo con características de resistencia y calidad harinera utilizados en el bloque de cruzamientos. EESC, 2021.

No.	Línea/Varietal	Origen	Características
<b>Parental Femenino 1 ♀</b>			
1	INIAP-Vivar 2010	CN-2020	Resistencia parcial, productividad
<b>Parental Masculino ♂</b>			
1	TA-14-004	ER1-2020	Tipo de grano 1B, alto rendimiento, buen peso hectolítrico
2	TA-17-011	ER1-2020	Tipo de grano 1B, alto rendimiento, buen peso hectolítrico
3	TA-18-008	ER2-2020	Tipo de grano 1B, alto rendimiento, buen peso hectolítrico
4	INIAP-Zhalao 2003	CN-2020	Tipo de Grano 2B, resistente
5	Romero	CN-2020 S-32	Resistente a royas
6	Bonza	CN-2020 S-72	Peso hectolítrico, grano blanco
<b>Parental Femenino 2 ♀</b>			
1	INIAP-Imbabura 2014	CN-2020	Tipo de grano, productividad
<b>Parental Masculino ♂</b>			
1	TA-19-008	ER3-2020	Tipo de grano 1R, alto rendimiento, buen peso hectolítrico
2	TA-19-012	ER3-2020	Tipo de grano 1R, alto rendimiento, buen peso hectolítrico, mútico
3	INIAP-Chimborazo 78	CN-2020	Tipo de grano 2R, calidad, mútico
4	Morocho Blanco	CN-2020 S-28	Resistente a royas
5	Morocho Colorado	CN-2020 S-29	Resistente a royas
6	Amazonas	CN-2020 S-3	Peso hectolítrico, grano rojo
7	Napo	CN-2020 S-30	Peso hectolítrico, grano rojo

Fuente: INIAP, 2021.

### 3.2. Evaluación y selección de poblaciones segregantes $F_3$ , y $F_4$ 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.

## RESULTADOS

### 4.1. Desarrollo de poblaciones filiales (F<sub>1</sub>) de trigo

En la EESC, se obtuvieron 20 cruzamientos F<sub>1</sub> de trigo (Tabla 32), provenientes de cruza directas y recíprocas entre variedades harineras y aptitud panadera.

**Tabla 32**

Poblaciones F<sub>1</sub> de trigo provenientes del bloque de cruzamientos. EESC, 2021.

N°. Surco	Pedigree	Origen EESC F <sub>1</sub> /2021
1	QUAIU/BECARD//BECARD/3/INIAP-Vivar 2010 E-TA21-20844	Cruza P-1
2	MELON//FILIN/MILAN/3/FILIN/4/2*TRCH/SRTU//KACHU/5/ INIAP-Vivar 2010 E-TA21-20845	P-2
3	INIAP COJITAMBO/5/TINAMOU/LIRA//VIREE#7/4/BABAX /LR42//BABAX*2/3/VIVITSI/6/INIAP-Vivar 2010 E-TA21-20846	P-3
4	INIAP-Zhalao 2003/INIAP-Vivar 2010 E-TA21-20847	P-4
5	Romero/INIAP-Vivar 2010 E-TA21-20848	P-5
6	Bonza/INIAP-Vivar 2010 E-TA21-20849	P-6
7	INIAP-Vivar 2010/3/QUAIU/BECARD//BECARD E-TA21-20850	P-7
8	INIAP-IMBABURA 2014/4/ PRL/2*mazar 99//SRTU/3/PRINIA/ PASTOR/5/INIAP-Imbabura 2014 E-TA21-20851	P-8
9	INIAPIMBABURA//INIAPCHIMBORAZO/TINAMOU/3/INIAP- Imbabura 2014 E-TA21-20852	P-9
10	INIAP-Chimborazo 78/INIAP-Imbabura 2014 E-TA21-20853	P-10
11	Morocho Blanco/INIAP-Imbabura 2014 E-TA21-20854	P-11
12	Morocho Colorado/INIAP-Imbabura 2014 E-TA21-20855	P-12
13	Amazonas/INIAP-Imbabura 2014 E-TA21-20856	P-13
14	Napo/INIAP-Imbabura 2014 E-TA21-20857	P-14

Continuación

15	INIAP-Imbabura 2014/5/INIAP-IMBABURA 2014/4/ PRL/2*mazar 99//SRTU/3/PRINIA/PASTOR E-TA21-20858	P-15
16	INIAP-Imbabura 2014/3/INIAPIMBABURA//INIAPCHIMBORAZO/ TINAMOU E-TA21-20859	P-16
17	INIAP-Imbabura 2014/Morocho Blanco E-TA21-20860	P-17
18	INIAP-Imbabura 2014/Morocho Colorado E-TA21-20861	P-18
19	INIAP-Imbabura 2014/Amazonas E-TA21-20862	P-19
20	INIAP-Imbabura 2014/Napo E-TA21-20863	P-20

Fuente: INIAP, 2021.

#### 4.2. Evaluación de poblaciones segregantes $F_3$ , y $F_4$ de trigo en campo.

Durante el año 2021, se sembraron y evaluaron en campo 610 poblaciones segregantes  $F_3$ , y 20 poblaciones  $F_4$  (Tabla 33).

**Tabla 33**

Número de poblaciones segregantes evaluadas y seleccionadas de trigo. EESC, 2021.

Filial	Evaluadas	Total Seleccionadas	Cosechadas		
			Espigas	Plantas	Parcelas
$F_3$	610	183 (M/S <sup>1</sup> )		-	183
$F_4$	20	120 (PG <sup>2</sup> )	120	-	-
Total	630	303	120		183

<sup>1</sup> M/S: Masal selecto; <sup>2</sup>PG: Pedigree.

Fuente: INIAP, 2021.

Realizada la evaluación de poblaciones se generaron: 183 filiales para  $F_3$  y 120 para  $F_4$ , las cuales serán evaluadas durante el ciclo agrícola 2022.

## 4. CONCLUSIONES

Una vez evaluados y seleccionadas las poblaciones segregantes, el Programa de Cereales cuenta con 323 nuevas poblaciones segregantes mejoradas de diversas generaciones, los cuales serán evaluados en busca de germoplasma con características deseables para el productor triguero del Ecuador.



## 5. RECOMENDACIONES

Purificar el material de la Colección Nacional de trigo para disponer de material puro para los bloques de cruzamientos. Continuar con el mejoramiento generacional y selección de materiales de las diferentes poblaciones filiales de trigo para el próximo ciclo de evaluación.

## 6. REFERENCIAS

- 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 (2018). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales.
- ESPAC (2019). Encuesta y superficie y producción agropecuaria continúa.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (2020). "Sistema de Información Pública Agropecuaria.
- Ponce-Molina, L., Noroña, P., Campaña, D., Garófalo, J., Coronel, J., Jiménez, C. y Cruz, E. (2019). La Cebada (*Hordeum vulgare* L.): Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. Primera edición. Manual No. 116. INIAP, Programa de Cereales, Estación Experimental Santa Catalina. Quito-Ecuador. 52 p.
- 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.)

### (Evaluation of yield and agronomic characteristics of oat promisories lines (*Avena sativa* L.))

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

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

#### Resumen

La avena se la 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 1 177 ha con una producción 885 t. Las principales enfermedades limitantes son las royas (corona y tallo) que reducen la producción hasta un 100% en materiales susceptibles. El Programa de Cereales del INIAP conector que el uso de variedades resistentes es la manera más económica y eficiente de controlar las enfermedades, ha venido trabajando desde hace 60 años, en la generación de nuevas variedades mejoradas, con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad industrial. Durante el 2021, en campos experimentales de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC), se implementó un ensayo de rendimiento (ER) con 5 líneas promisorias en un Diseño de Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones y en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup>, cuyo objetivo fue 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 2022.

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

#### Summary

Oat 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 1 177 ha with a production of 885 t. The main limiting diseases for this crop are rusts (crown

and stem) that reduce productivity by up to 100% in susceptible materials. The Cereal Program from INIAP know that the use of improved varieties resistant is the most economical and efficient way to control diseases, has been working for 60 years on the generation of improved varieties, with characteristics of resistance to disease, productivity and industrial quality. During 2021, in experimental fields of the Santa Catalina Experimental Station (EESC), the called yield trials (ER) were implemented a yield trial with 5 promisorias 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 2022 cycle.

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

## 1. ANTECEDENTES

La avena (*Avena sativa* L.) es el sexto cereal más cultivado a nivel mundial. Se la cultiva principalmente como cultivo multipropósito para granos y forraje, o como cultivo de rotación en diversas partes del mundo. Este cereal es muy importante para las personas en zonas marginales en casi todos los países en desarrollo, y en países desarrollados es demandada para usos especializados. La avena es altamente conocida por su gran valor en la nutrición humana y cuidado de la salud. (Kapoor y Batra, 2016; FAO, 2018; Stevens et al., 2004).

En el Ecuador la producción de avena en grano está en las 885 t, con un área sembrada de 1 177 ha y un rendimiento promedio de 0,74 t ha<sup>-1</sup>, siendo la menor registrada en América del Sur. Las importaciones en el año 2019 de avena en grano fueron de 2 1467 t (FAOSTAT, 2020). 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 principales causas de los bajos rendimientos en avena son las enfermedades causadas por hongos y otros patógenos, que no solo afectan los rendimientos, sino a las hojas verdes, evitando que produzcan azúcares y proteínas necesarias para el crecimiento de la planta. (Grains Research Development Corporation (GRDC), 2016). Entre las principales enfermedades que atacan a este cultivo se encuentran las royas de la corona (*Puccinia coronata*) y del tallo (*Puccinia graminis*) que pueden reducir el rendimiento entre un 50 a 60%, respectivamente.

La mejora genética vegetal es un pilar fundamental en la generación y desarrollo de germoplasma de avena con características deseables e incrementar la productividad de este cultivo.

Según Ausemus (1943), la mayor dificultad para un Programa de Mejoramiento es mantener la resistencia a enfermedades a través del tiempo, en los diferentes

ambientes en que se cultiva este cereal, ya que las variedades resistentes en una localidad y año a menudo serán susceptibles en otro. En tal virtud se habla de que la vida útil efectiva de una variedad resistente recién lanzada es de cinco años, pudiendo ser menor, dependiendo de la variedad, las condiciones agroecológicas y el patógeno.

La variedad de avena más distribuida por el INIAP fue liberada hace más de 38 años (INIAP- 82). Esta variedad con el tiempo ha perdido resistencia a las principales enfermedades y sus rendimientos han decrecido. Durante el año 2020 se liberó para el Austro ecuatoriano una nueva variedad de doble propósito, INIAP-Fortaleza 2020, la cual está siendo multiplicada para ser distribuida al sur del país.

Debido a que en la Sierra ecuatoriana el principal uso de la avena es como mezcla forrajera, se hace evidente la necesidad de generar germoplasma mejorado de doble propósito con características de producción de grano y de forraje, para la Sierra Centro y Norte del país.

El INIAP ha generado un total de siete variedades mejoradas de avena hasta el momento. Por su parte, el Programa de Cereales cuenta actualmente con material promisorio de avena de doble propósito con características deseables de rendimiento y resistentes a enfermedades, que permitirán en futuro entregar una variedad mejorada a los productores de la Sierra ecuatoriana.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Seleccionar germoplasma mejorado de avena doble propósito de alto rendimiento, con buenas características agronómicas y resistente a enfermedades, en cuatro localidades de la Sierra ecuatoriana.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar germoplasma de avena doble propósito con baja incidencia y severidad a royas (*Puccinia coronata* y *Puccinia graminis* f. sp. *Avenae*), alto rendimiento, calidad y características deseables (altura, precocidad, tipo de tallo).

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2021, las líneas de avena fueron evaluadas, en cuatro localidades: Estación Experimental Santa Catalina (EESC-INIAP)-Pichincha, Granja Experimental Tunshi (Escuela Superior Politécnica del Chimborazo-ESPOCH)-Chimborazo, Granja Experimental Naguán (Universidad Estatal de Bolívar-UEB)-Bolívar y Estación Experimental del Austro-INIAP. El ensayo estuvo compuesto por cinco líneas de avena distribuidas en un ensayo de rendimiento (Tabla 34).

**Tabla 34**

Ensayo de rendimiento de avena evaluado en cuatro localidades de la Sierra, 2021.

°N	Líneas
1	AS-11-005
2	INIAP-Fortaleza 2020
3	AS-17-002
4	AS-17-001
5	INIAP-82

Fuente: INIAP, 2021.

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 reacción a enfermedades, rendimiento, peso hectolítrico y parámetros de calidad. Los datos recopilados fueron analizados con un ADEVA por localidad y un ADEVA combinado. Se realizaron pruebas de separación de medias (LSD Fisher al 5%). Los análisis se realizaron utilizando el programa INFOSTAT Profesional 2019 (Di Rienzo et al., 2017).

### 3.2. Incremento de semilla categoría básica y seleccionada

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

### 3.3. Manejo de los ensayos

La cantidad de semilla para la siembra fue 120 kg ha<sup>-1</sup>. Al momento de la siembra se aplicó 250 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (15-30-15+EM) con base a la recomendación de fertilización general para avena. Posteriormente al macollamiento se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 15 g ha<sup>-1</sup> de Matancha® (Metsulfuron-metil) como herbicida. No se realizó aplicaciones de funguicidas para el control de enfermedades, ya que se evaluó la incidencia y severidad de las enfermedades.

### 3.4. Variables y métodos de evaluación

- **Rendimiento:** las parcelas fueron cosechadas a la madurez (180-190 días) y el rendimiento fue registrado en toneladas por hectárea.
- **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 (Ponce-Molina et al., 2019).
- **Incidencia de enfermedades:** a los 90 y 120 días después de la siembra

se evaluó la incidencia de enfermedades (roya de la hoja, roya del tallo, virosis, entre otras) y se expresó en porcentaje para las royas y en la escala de 0 al 9 para virosis. (Stubbs et al., 1986; Ponce-Molina et al., 2019).

## 4. RESULTADOS

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

En la Tabla 35, se observó diferencias estadísticas ( $P \leq 0,01$ ) para localidades, líneas y la interacción de localidades por variedades. No se observó diferencias estadísticas para las repeticiones. El promedio general fue de 3,43 t ha<sup>-1</sup> para rendimiento, 41,14 kg hl<sup>-1</sup> para peso hectolítrico y valores entre 12,25 y 16,62% para reacción a enfermedades.

Los resultados obtenidos indicaron que existió una interacción entre las localidades y las líneas, es decir que las líneas tienen diferente respuesta en las variables estudiadas, pero dependerá de las condiciones ambientales de cada localidad.

**Tabla 35**

ANOVA para rendimiento, peso hectolítrico y reacción a enfermedades en avena del Ensayo de Rendimiento (ER1) de avena implementado en cuatro localidades, 2021.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. coronata</i>	<i>P. graminis</i>
Total	59				
Repeticiones	2	0,41 n.s.	0,07 n.s.	12,07 n.s.	22,69 n.s.
Localidades (L)	3	70,11 **	529,41 **	652,55 **	943,89 **
Repeticón en Localidad	8	0,69	1,37	16,46	3,86
Líneas (V)	4	4,33 **	129,36 **	1739,9 **	3497,48 **
L x V	12	1,14 **	43,63 **	105,32 **	242,86 **
Error	32	0,35	2,17	11,07	42,63
Promedio		3,43	41,14	12,25	16,62
CV (%)		17,33	3,58	27,16	39,28

**Nivel de significancia 5%:** (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

Fuente: INIAP, 2021.

En la prueba LSD de Fisher al 5% para líneas en las cuatro localidades (Tabla 36), se ubicó en primer lugar las líneas AS-11-005, AS-17-002 y la variedad INIAP-Fortaleza 2020, con valores entre 3,7 a 4,0 t ha<sup>-1</sup> para rendimiento de grano y valores entre 42,8 a 43,6 kg hl<sup>-1</sup> para peso hectolítrico. En cuanto a severidad de enfermedades, se observó que las líneas evaluadas son resistentes, mientras que el testigo INIAP-82 presentó susceptible tanto a roya de la hoja como a roya del tallo con severidades de 33% y 40%, respectivamente.

**Tabla 36**

Promedios y prueba LSD al 5% para rendimiento, peso hectolítrico y severidad a enfermedades en avena. Ensayo de Rendimiento (ER1) de avena implementado en cuatro localidades de la Sierra ecuatoriana, 2021.

Líneas	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )		Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )		<i>P. coronata</i>		<i>P. graminis</i>	
AS-11-005	4,0	a	42,8	a	4	a	0	a
INIAP-Fortaleza 2020	3,9	a	42,8	a	6	ab	0	a
AS-17-002	3,7	a	43,6	a	7	b	0	a
AS-17-001	3,0	b	35,5	c	11	c	0	a
INIAP-82	2,7	b	41,1	b	33	d	40	b

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 resistencia a enfermedades. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento y regionales de avena en el año 2022.

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

Durante el ciclo 2021 en la EESC, se incrementó una línea promisorio de avena, obteniendo un total de 225 kg de semilla de categoría básica (Tabla 37).

**Tabla 37**

Incremento de germoplasma de avena categoría básica y seleccionada en la EESC, 2021.

Variedad	Cantidad (kg)
AS-11-005	225
Total	225

Fuente: INIAP, 2021.

## 5. CONCLUSIONES

Una vez evaluado y seleccionado el germoplasma de avena, el Programa de Cereales cuenta con dos líneas promisorias de avena de doble propósito seleccionadas por sus buenas características de rendimiento ( $\geq 3$  t ha<sup>-1</sup>) y resistencia a enfermedades que servirán para ser evaluadas en campos de productores y posteriormente liberadas como futuras variedades mejoradas.

## 6. RECOMENDACIONES

Es menester iniciar un programa de cruzamientos con materiales locales y mejorados en búsqueda de germoplasma con características deseables. Proseguir con el proceso de mejoramiento y selección de materiales promisorios de avena, que presentan características deseables: agronómicas, alto rendimiento y de calidad.



## 7. REFERENCIAS

- Ausemus, E. (1943). Breeding for disease resistance in wheat, oats, barley and flax. *The Botanical Review*, 9(4), 207.
- 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-Castillo, E., Garófalo, J., Llangarí, P., y Espinoza, M. (2010). El cultivo de cebada: Guía para la producción artesanal de semilla de calidad.
- Grains Research Development Corporation (GRDC). (2016). Oats Diseases.
- Kapoor, R., & Batra, C. (2016). Oats. En *Broadening the genetic base of grain cereals* (pp. 127-162). Springer.
- FAOSTAT. (2020). Consultada el 04 de marzo del 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). Nota informativa de la FAO sobre la oferta y la demanda de cereales | Situación Alimentaria Mundial |. <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D., & Noroña, P. (2019). Parámetros de evaluación y selección en cereales.
- 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)

### (Evaluation of yield and agronomic characteristics of triticale promisorious lines (*X Triticosecale* Wittmack))

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

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

#### Resumen

El triticale es un cereal poco conocido en el Ecuador y casi no se lo cultiva debido a la falta de variedades vigentes y por desconocimiento de su potencial industrial (balanceado). Las royas son las principales enfermedades que atacan a este cultivo, las cuales pueden reducir su productividad hasta un 100% en materiales susceptibles, y el uso de variedades mejoradas es la manera más económica y eficiente de controlar estas enfermedades. El Programa de Cereales del INIAP es el responsable de la generación de nuevas variedades mejoradas, con características de resistencia a enfermedades, productividad y calidad industrial. Durante el año 2021, con el objetivo de evaluar y seleccionar germoplasma de triticale con características deseables y adaptado a nuestras condiciones, 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, en parcelas de 3,6 m<sup>2</sup>. 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 2022.

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

#### Summary

Triticale is a little known cereal in Ecuador and is not cultivated due to the lack of current varieties and un know of its industrial potential (balanced). Rusts are the main diseases that attack this crop, which can reduce its productivity up to 100% in susceptible materials, and the use of improved varieties is the most economical and efficient way to control these diseases. The INIAP Cereal Program is responsible for the generation of new improved varieties, with characteristics of disease resistance, productivity and industrial quality. During the year 2021, with the aim of evaluating and selecting triticale germplasm

with desirable characteristics and adapted to our conditions, in experimental fields of the Santa Catalina Experimental Station (EESC), a performance test (ER) with 5 advanced lines was implemented; planted under a Random Complete Block Design (DBCA) with three repetitions, 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 2022 cycle.

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

## 1. ANTECEDENTES

El triticale (*x Triticosecale* Wittmack) (AABBRR), es fruto de un cruzamiento interespecífico entre trigo (*Triticum*) (AABB) y centeno (*Secale*) (RR) (Tohver et al., 2005). El triticale 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. Su harina es rica en proteínas (promedio 14-15%), lo que sugiere un uso prometedor para la producción de alimentos tanto para humanos como para animales (Varughese et al., 1987). La mayor proporción de grano de triticale a nivel mundial es destinado a integrar raciones alimenticias de animales de especies mayores y menores (Belaid, 1994).

El triticale fue introducido al Ecuador en el año 1967, en un ensayo de investigación proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, CIMMYT-México (INIAP, s.f.; INIAP, 1980). En la década de los 80 el Programa de Cereales del INIAP libera 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, proveniente de una crucea realizada por el CIMMYT e introducida en 1991 al Programa de Cereales, destinada para uso en la alimentación animal, en raciones alimenticias para diferentes especies como cerdos, aves o ganado bovino, pero al momento del lanzamiento mostró pérdida de resistencia a roya amarilla (INIAP, 2000). Cabe recalcar que en Ecuador no existe un cultivo comercial de triticale.

Las variedades de triticale liberadas por parte de INIAP, fueron lanzadas en la década de los 80's, y presentan susceptibilidad a roya amarilla. A pesar de ser un cultivo con buenas características nutritivas (proteína, fibra, sin gluten), agronómicas y agroindustriales para la alimentación humana y animal, no ha sido difundido ampliamente en el Ecuador, a pesar de que en otros países si están aprovechando su potencial nutricional para promover su consumo y para la industria de alimentos balanceados para especies mayores y menores de animales. Por lo que ha despertado el interés de las autoridades responsables de las políticas agropecuarias del país (MAG), quienes están interesados

que se promueva el cultivo de triticale como alternativa para los productores (comunicación personal Ing. Luis Rodríguez).

En la actualidad el Programa de Cereales del INIAP, cuenta con germoplasma mejorado proveniente del CIMMYT y que se ha sido evaluando y seleccionado en campos experimentales de la EESC. Estas líneas promisorias serán evaluadas en campos experimentales en cuatro provincias de la Sierra ecuatoriana en búsqueda de germoplasma mejorado que cumplan con requerimientos y necesidades de resistencia a enfermedades, productividad ( $>3 \text{ t ha}^{-1}$ ) y calidad de grano.

## 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 en cuatro provincias de la Sierra ecuatoriana.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar y seleccionar germoplasma de triticale resistente a roya amarilla (*P. striiformis*), roya de la hoja (*P. titricina*), virus del enanismo amarillo de la cebada (BYDV) y *Fusarium spp*; de alto rendimiento, calidad de grano y características agronómicas deseables (altura, tipo de tallo, precocidad).

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Evaluación y selección de material avanzado

En el año 2021, las líneas de triticale fueron evaluadas, en cuatro localidades: Estación Experimental Santa Catalina (EESC-INIAP)-Pichincha, Granja Experimental Tunshi (Escuela Superior Politécnica del Chimborazo-ESPOCH)-Chimborazo, Granja Experimental Naguán (Universidad Estatal de Bolívar-UEB)-Bolívar y Estación Experimental del Austro (EEA-INIAP). El ensayo estuvo compuesto por cinco líneas de triticale distribuidas en un ensayo de rendimiento (Tabla 38).

**Tabla 38**

Ensayo de rendimiento evaluados en la EESC, 2021.

°N	Líneas
1	TRITICALE 2000
2	TCL-10-007
3	TCL-10-001
4	TCL-10-004
5	TCL-11-006

Fuente: INIAP, 2021.

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 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 2020. Se realizaron los análisis DMS y análisis de varianza.

### 3.2. Incremento de semilla categoría básica y seleccionada

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

### 3.3. Manejo de los ensayos

La cantidad de semilla para la siembra fue 180 kg ha<sup>-1</sup>. Al momento de la siembra se aplicó 250 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante compuesto (15-30-15+EM) con base a la recomendación para triticale. Posteriormente al macollamiento se aplicó 150 kg ha<sup>-1</sup> de Urea y 15 g ha<sup>-1</sup> de Matancha® (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

- **Rendimiento:** las parcelas fueron cosechadas a la madurez (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 (Ponce-Molina et al., 2019).
- **Incidencia de enfermedades:** a los 90 y 120 días después de la siembra se evaluó la incidencia de enfermedades (roya amarilla, roya de la hoja, fusarium, virosis, entre otras) y se expresó en porcentaje para las royas y fusarium de la espiga y en la escala de 0 al 9 para virosis (Stubbs et al., 1986; Ponce-Molina et al., 2019).

## 4. RESULTADOS

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

En la Tabla 39, se observó diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,01$ ) para localidades en las variables rendimiento, peso hectolítrico y *P. graminis*; también se observó diferencias significativas para líneas y para la interacción localidades por líneas en la variable peso hectolítrico. También se observó

diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ) para líneas en *P. graminis*. Para el resto de los factores no se observó diferencias significativas. El promedio general fue de 6,32 t ha<sup>-1</sup> para rendimiento, 69,17 kg hl<sup>-1</sup> para peso hectolítrico y valores entre 32,57 y 37,16% para reacción a enfermedades.

Los resultados obtenidos en forma general nos indicaron que en las variables evaluadas la mayor variabilidad hubo entre las localidades, y que dentro de cada localidad el comportamiento de las líneas fue similar, excepto, en las variables peso hectolítrico y *P. graminis*, que si existió diferencias entre variedades y localidades.

**Tabla 39**

ANOVA para variables evaluadas en ensayo de Rendimiento (ER1) de triticales implementado en cuatro localidades, 2021.

Fuentes de Variabilidad	Grados de Libertad	Cuadrados Medios			
		Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	<i>P. coronata</i>	<i>P. graminis</i>
Total	59				
Repeticiones	2	0,04 n.s.	0,71 n.s.	3,03 n.s.	38,40 n.s.
Localidades (L)	3	72,70 **	116,34 **	13,33 n.s.	278,60 **
Repetición en Localidad	8	1,38	1,12	8,63	4,30
Líneas (V)	4	2,09 n.s.	13,50 **	0,87 n.s.	48,86 *
L x V	12	1,77 n.s.	4,04 **	2,33 n.s.	18,41 n.s.
Error	32	1,16	1,21	1,63	12,47
<b>Promedio</b>		6,32	69,17	1,13	4,87
<b>CV (%)</b>		17,03	1,59	37,16	32,57

**Nivel de significancia 5%:** (\*\*) altamente significativo, (\*) significativo, (n.s.) no significativo

Fuente: INIAP, 2021.

La prueba LSD al 5% para líneas en las cuatro localidades, en la variable rendimiento de grano y peso hectolítrico se observó que todas las líneas presentan un rendimiento superior a 6 t ha<sup>-1</sup>, superando al testigo que alcanzó 5,8 t ha<sup>-1</sup>. En la variable peso hectolítrico sobresale la línea TCL-10-004, con un valor promedio de 71,0 kg hl<sup>-1</sup>. En cuanto a severidad a enfermedades se observó que las líneas evaluadas son más resistentes comparadas con el testigo Triticale 2000 (Tabla 40).

**Tabla 40**

Promedios y prueba LSD al 5% para variables evaluadas en un Ensayo de Rendimiento (ER1) de triticale implementado en cuatro localidades de la Sierra ecuatoriana, 2021.

Líneas	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Peso Hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )		<i>P. coronata</i>	<i>P. graminis</i>
TCL-10-001	6,8	69,0	b	0,0	0,0
TCL-11-006	6,6	68,4	b	0,0	0,0
TCL-10-004	6,4	71,0	a	0,0	2,0
TCL-10-007	6,1	68,8	b	0,7	0,0
TRITICALE 2000	5,8	68,7	b	1,7	1,7

Fuente: INIAP, 2021.

Con base a 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 tolerancia a las enfermedades. Estas líneas formarán los ensayos de rendimiento y regionales de triticale en el año 2022.

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

Durante el ciclo 2021 en la EESC, se incrementó dos materiales de triticale, obteniéndose un total de 90 kg de semilla de categoría básica (Tabla 41).

**Tabla 41**

Incremento de materiales de triticale categoría básica y seleccionada en la EESC, 2021.

Nº	Variedad	Cantidad (kg)
1	INIAP-Triticale 2000	45
2	TCL-10-004	45
Total		90

Fuente: INIAP, 2021.

## 5. CONCLUSIONES

Una vez evaluado y seleccionado el germoplasma de triticale, el Programa de Cereales cuenta con dos líneas promisorias seleccionadas por sus buenas características de rendimiento ( $\geq 3$  t ha<sup>-1</sup>) y resistencia a enfermedades que servirán para ser evaluadas en campos de productores y posteriormente liberadas como futuras variedades mejoradas como alternativa de producción para los productores cerealeros del Ecuador.

## 6. RECOMENDACIONES

Es importante buscar la vinculación con la industria de balanceados para realizar pruebas preliminares del uso de estos materiales como sucedáneos



en la elaboración de estos productos. Las líneas seleccionadas servirán como fuente de diversidad para el Programa de Cereales y para los productores.

## 7. REFERENCIAS

- Belaid, A. (1994). Nutritive and economic value of triticale as a feed grain for poultry. CIMMYT.
- Garófalo, J., Ponce, L. y Abad, G. (2011). Guía del cultivo de trigo.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. (2000). Información técnica de la variedad INIAP-Triticale 2000. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3278>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. (s. f.). Informe anual 1976. Farinología. (p. 23). INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/615>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Cereales. (1980). Información técnica de las variedades de triticale INIAP-Promesa e INIAP-Maná. INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3326>
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). Parámetros de evaluación y selección en cereales.
- Tohver, M., Kann, A., Täht, R., Mihhalevski, A. and 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. and Saari, E. (1987). Triticale CIMMYT. Mexico, DF, 32.

# CAPÍTULO 8

## Evaluación y monitoreo de líneas diferenciales de cereales, año 2021

### (Monitoring and evaluation of cereal differentials lines, year 2021)

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

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

#### Resumen

La mejor manera de conocer la presencia de un gen conocido de resistencia o su ruptura es mediante el uso de líneas diferenciales, para ello, su evaluación debe realizarse bajo condiciones favorables para la presencia de una enfermedad. El Programa de Cereales del INIAP anualmente evalúa sets de diferenciales para trigo y cebada compuestos por 29 y 13 líneas, respectivamente. Durante el año 2021 se determinó que los genes Yr5, Yr10, Yr15, Yr17 y YrSP son efectivos para royas del trigo, y los genes Rps4, rpsAst, rpsHi1, rpsHi2, Rps1.c y RpsBa permanecen efectivos para royas en cebada. Estos sets de diferenciales serán evaluados en el ciclo 2022 para continuar con su monitoreo.

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

#### Summary

The best way to know the presence of a known resistance gene or its rupture is through the use of differential lines, for this, its evaluation must be carried out under favorable conditions for the presence of a disease. The INIAP Cereal Program annually evaluates differential sets for wheat and barley composed of 29 and 13 lines, respectively. During the 2021 year was determined that the Yr5, Yr10, Yr15, Yr17 and YrSP genes for wheat rusts are effective, and the Rps4, rpsAst, rpsHi1, rpsHi2, Rps1.c y RpsBa genes for barley rusts remain effective. These materials will be evaluated in the cycle 2022 for continue their monitoring.

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

## 1. ANTECEDENTES

Las royas son de las enfermedades más destructivas a nivel mundial y afectan a distintos cultivos entre los que están los cereales (trigo, arroz, maíz, avena, cebada, etc.), y plantas diversas que van desde leguminosas (como el haba, frijol) frutales y hasta ornamentales. Se conocen alrededor de 8000 especies de hongos causantes de royas.

Las royas de los cereales son las enfermedades más distribuidas y económicamente importantes a nivel mundial. Tres distintas royas, la roya

de la hoja, la roya amarilla o roya rayada, y la roya del tallo, se manifiestan en trigo y cebada. Los hongos que causan estas enfermedades son notorios por su habilidad de incrementarse rápidamente y sobrellevar o contrarrestar la resistencia en las variedades de trigo y cebada. Las pérdidas en cosecha causadas por estas enfermedades dependen de la susceptibilidad del hospedero y las condiciones climáticas, pero las pérdidas también son influenciadas por la fecha de manifestación y severidad de los brotes de la enfermedad relativos a la etapa de crecimiento del cultivo. Las pérdidas más grandes ocurren cuando una o más de estas enfermedades ocurren antes de la etapa de formación de la espiga del cereal. La detección temprana y la identificación apropiada son críticas para el manejo de la(s) enfermedad(es) y la selección de futuras variedades. (The Wolf et al., 2009)

En Ecuador las enfermedades que atacan al trigo son: roya amarilla (*Puccinia striiformis*), roya de la hoja (*P. triticina*) y roya del tallo (*P. graminis*); y 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 sets de 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 la reacción de los genes de resistencia a roya amarilla en un set de líneas diferenciales de cebada y trigo.

### 2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la severidad y tipo de reacción en líneas diferenciales de trigo a roya amarilla, ciclo 2021.
- Evaluar la severidad y tipo de reacción en líneas diferenciales de cebada a roya amarilla, ciclo 2021.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Las líneas de diferenciales de trigo y cebada, fueron sembradas en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP en parcelas de dos surcos de un metro (0,3 m X 1) 0,30 m<sup>2</sup>. Estas líneas poseen genes específicos que permiten identificar si existe alguna modificación o evolución de las razas de royas que atacan anualmente al cultivo. Para evaluar la severidad a royas se empleó la escala modificada de Cobb registrándose en porcentaje de 0- 100% la presencia de la enfermedad en la planta, las evaluaciones se realizaron entre los 90 y 120 días después de la siembra (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 20 líneas del 10 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 % o menos. (Tabla 42)

**Tabla 42**

Severidad y tipo de reacción a roya amarilla en diferenciales de trigo evaluados en la EESC, 2021.

Línea	<i>P.striiformis</i> <sup>1</sup>			Gen <sup>3</sup>
	Hoja	Espiga		
	(%)	TR <sup>2</sup>	(%)	
MOROCCO	90	S	80	Susceptible
AVOCET-YRA	70	S	-	(-)Yr
AVOCET+YRA	70	S	-	(+)Yr
YR1/6*AOC	50	S	-	Yr1
SIETE CERROS T66	60	S	70	Yr2
TATARA	50	S	1	Yr3
YR5/6*AOC	10	MR	1	Yr5
YR6/6*AOC	60	S	10	Yr6
YR7/6*AOC	70	S	20	Yr7
YR8/6*AOC (menor)	40	S	1	Yr8
YR9/6*AOC	70	S	20	Yr9
YR10/6*AOC	10	MR	15	Yr10
YR15/6*AOC	10	MR	1	Yr15
YR17/6*AOC	20	MR	20	Yr17
YR18/3*AOC	70	S	30	Yr18
YR24/3*AOC	70	S	10	Yr24
YR26/3*AOC	70	S	10	Yr26
YR27/6*AOC	80	S	50	Yr27
YR sp/6*AOC	10	MR	1	YrSP
PAVON F 76 (menores)	50	MS	30	Yr29-Yr30
SERI M82	70	S	50	Yr9-Yr29
OPATA M85	80	S	50	Yr27-Yr18
SUPER KAUZ	80	S	50	Yr18-Yr9-Yr27
YRCV / 6*AOC	50	MS	10	-
PBW343	60	S	10	-
AOC-YR*3/3ALTAR 84/AE.SQ//OPATA	40	MS	1	Yr28
AOC-YR*3// LALBMONO1*4PVN	70	S	10	Yr29
AOC-YR*3/PASTOR	80	S	50	Yr31
POLLMER-2.1.1	20	MR	10	-
<b>Promedio</b>	<b>54</b>		<b>24</b>	

<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: INIAP, 2021.

## 4.2. Diferenciales de cebada

Para roya amarilla (*P. striiformis*) el testigo susceptible TOPPER alcanzó 60% de severidad; la línea que presentaron mayor severidad fue Heils Franken con 30%. De las 13 líneas que se evaluó siete tuvieron reacción de mediana susceptibilidad a susceptibilidad a *P. striiformis*. Cinco de las líneas presentaron severidad de 10%. Para roya de la hoja (*P. hordei*) 9 de las 13 líneas presentaron valores altos de severidad con infecciones de 30 a 50% y reacciones de susceptibilidad y medianamente susceptible, entre tanto, que las restantes 4 líneas presentaron niveles de severidad de 10% (Tabla 43).

**Tabla 43**

Promedios de enfermedades del ensayo de diferenciales de cebada evaluados en la EESC, 2021.

Línea	<i>P. striiformis</i> <sup>1</sup>		<i>P. hordei</i> <sup>1</sup>		TR <sup>2</sup>	Gen <sup>3</sup>
	Hoja		Espiga			
	(%)	TR <sup>2</sup>	(%)	TR <sup>2</sup>		
TOPPER	60	S	1	40	MS	Susceptible
HEILS FRANKEN	30	MS	0	10	MR	Rps4, rpsHF
EMIR	-	-	-	50	S	rpsEm1, rpsEm2
ASTRIX	10	MR	0	10	R	Rps4, rpsAst
HIPROLY	10	MR	0	10	R	rpsHi1, rpsHi2
VARUDA	-	-	-	40	MS	rpsVa1, rpsVa2
ABED BINDER 12	-	-	-	40	MS	rps2
TRUMPF	-	-	-	50	S	rpsTr1, rpsTr2
MAZURKA	10	MS	0	40	S	Rps1.c
BIG O	20	MS	0	10	MR	Rps1.b
I5	20	MS	0	30	MS	Rps3, rpsI5
BANCROFT	10	S	0	50	S	RpsBa
LPGJCJ-023	10	MR	0	40	MS	-
<b>Promedios</b>	<b>15</b>		<b>0</b>	<b>32</b>		
<b>Líneas evaluadas</b>	<b>13</b>					

<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: INIAP, 2021.

## 5. CONCLUSIONES

Una vez evaluados los diferenciales de trigo y cebada, se identificó que los genes que siguen activos bajo las condiciones ambientales de la Estación Experimental Santa Catalina son Yr5, Yr10, Yr15, Yr17 y YrSP para trigo y para para el caso de cebada Rps4, rpsAst, rpsHi1, rpsHi2, Rps1.c y RpsBa.

## 6. RECOMENDACIONES

Sería recomendable incluir los datos meteorológicos del ciclo del cultivo para determinar si estos influyen en la presencia y desarrollo de la enfermedad. Además, se recomienda continuar con el seguimiento y evaluación de los diferenciales tanto de trigo como de cebada, no solo en la EESC sino en diferentes zonas cerealeras del callejón interandino, 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

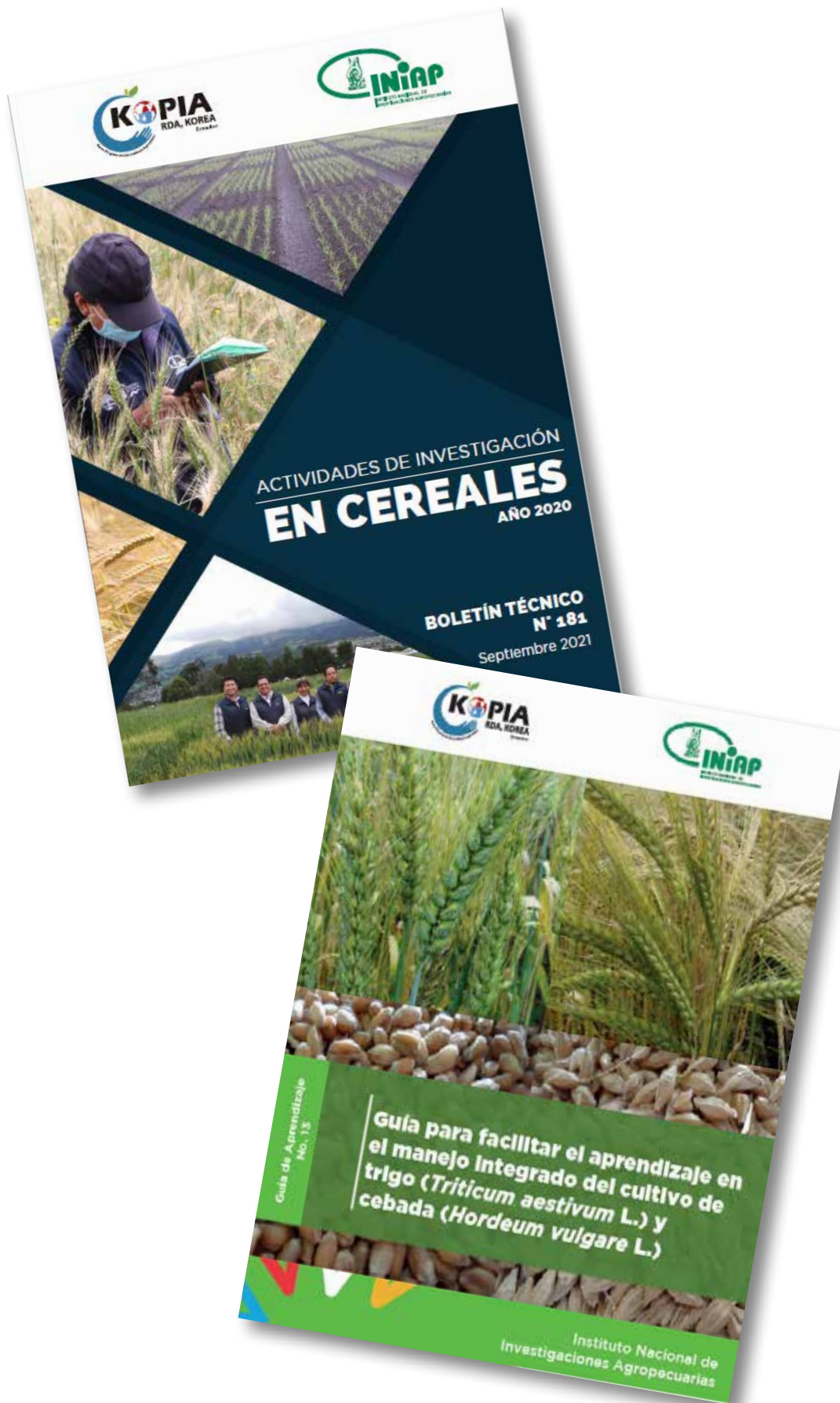
- Ponce-Molina, L., Garófalo, J., Campaña, D. y Noroña, P. (2019). *Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales*. Manual No.111. INIAP. Quito-Ecuador. 58 p. ISBN Impreso 978-9942-22-467-5 e ISBN Digital 978-9942-22-468-2. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5391>.
- Stubbs, R., Prescott, J., Saari, E. y Dubin, H. (1986). *Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales*.
- The Wolf, E., Murray, T., Paul, P., Osborne, L. and Tenuta A. (2009). Identificando a las royas del trigo y cebada. USDA-CREES. USA. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50620500/Publications/Rust\\_Disease\\_Spanish\\_National.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50620500/Publications/Rust_Disease_Spanish_National.pdf)

The background features a white central area framed by dark blue curved borders at the top and bottom. The word "ANEXOS" is centered in the white area.

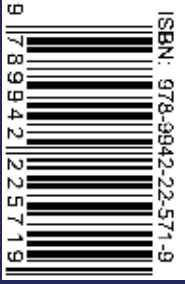
**ANEXOS**



## ANEXO 1. Publicaciones Técnicas







www.iniap.gob.ec



@agroinvestigacionecuador



@iniapecuador



@iniapecuador

Instituto Nacional de  
Investigaciones Agropecuarias



República  
del Ecuador