

Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales

Estación Experimental Santa Catalina

Programa de Cereales 2019

Manual No. 111

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



Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales



2019

Parámetros de Evaluación y Selección en Cereales

Comité de Publicaciones*:

Ing. Luis Fernando Rodríguez Iturralde

Ing. José Sergio Velásquez Carrera

Ing. Carlos Fernando Yáñez Guzmán

Dr. Álvaro Ricardo Monteros Altamirano

*Investigadores Estación Experimental Santa Catalina, INIAP-Ecuador

Revisores Externos:

Dr. Kang Jin Cho, Director Centro KOPIA-Ecuador

Ing. Alicia Villavicencio, Técnico Centro KOPIA-Ecuador

ISBN Impreso: 978-9942-22-467-5

ISBN Digital: 978-9942-22-468-2

Diseño, diagramación e impresión:

Imprenta IdeaZ, 2900 191, Quito

Cita correcta:

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.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP

Estación Experimental Santa Catalina

Panamericana Sur, Km1, vía Tumbillo, Sector Cutuglagua

Teléfono: +593 2 3006571

Correo electrónico: cereales.eesc@iniap.gob.ec

www.iniap.gob.ec

Mayo, 2019

Todos los derechos reservados

Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización

CONTENIDO



01

02

03

04

05

Introducción	4
I. Identificación del cultivo	5
II. Identificación de las etapas de desarrollo del cultivo	7
III. Principales variables agronómicas y morfológicas a ser evaluadas en los cereales	15
1. Emergencia	16
2. Vigor de la planta	18
3. Hábito de crecimiento o porte	20
4. Días al espigamiento	22
5. Altura de planta	24
6. Tipo de paja	26
7. Tamaño de espiga	28
8. Número de granos por espiga	29
IV. Variables a evaluar en post-cosecha	30
1. Rendimiento	31
2. Peso hectolítrico o específico	32
3. Peso de mil granos	33
4. Tipo y color de grano	34
V. Principales enfermedades y parámetros para evaluar la resistencia	36
1. Las Royas	39
2. Fusarium	47
3. Virus del enanismo amarillo de la cebada	49
4. Manchas foliares	51
5. Carbón	55
Literatura Consultada	57

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad los cereales han sido considerados un alimento básico para el hombre. La humanidad ha aprovechado probablemente el fruto de las gramíneas durante más de diez mil años.

En nuestro país, los cereales forman parte fundamental de la canasta básica y la dieta diaria de los ecuatorianos. Sin embargo, seguimos siendo dependientes de las importaciones de estos productos.

En tal virtud, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias ha venido trabajando los últimos 60 años, con el objetivo de entregar nuevas tecnologías a los productores cerealeros ecuatorianos, variedades mejoradas con características deseables de alto rendimiento, resistencia a las principales enfermedades y calidad nutricional, que permitan a los productores mejorar la producción y productividad, y en un futuro cubrir la demanda de estos productos.

La investigación básica en cereales requiere de ciertos parámetros mínimos a ser evaluados durante el ciclo del cultivo para todos los cereales menores, tales como: trigo, cebada, avena y triticale.

El objetivo de esta publicación es entregar a los técnicos agrícolas, estudiantes y productores, que trabajan con estos cultivos, una guía básica de los datos más importantes a ser colectados en campo, para identificar, evaluar y seleccionar germoplasma de cereales con características deseables.

I

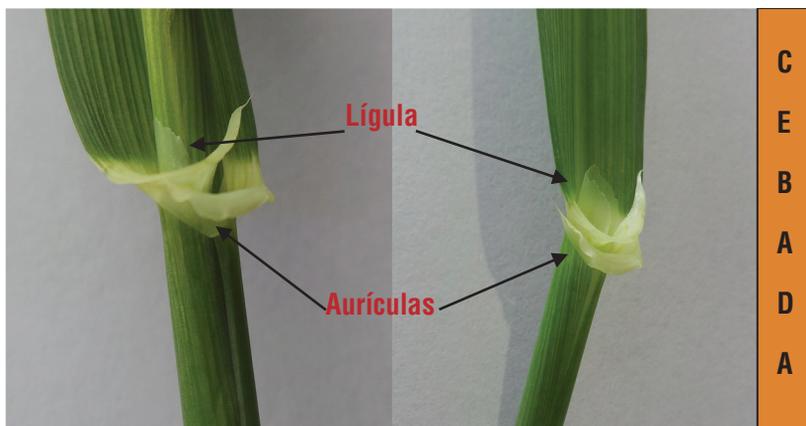
IDENTIFICACIÓN DEL CULTIVO

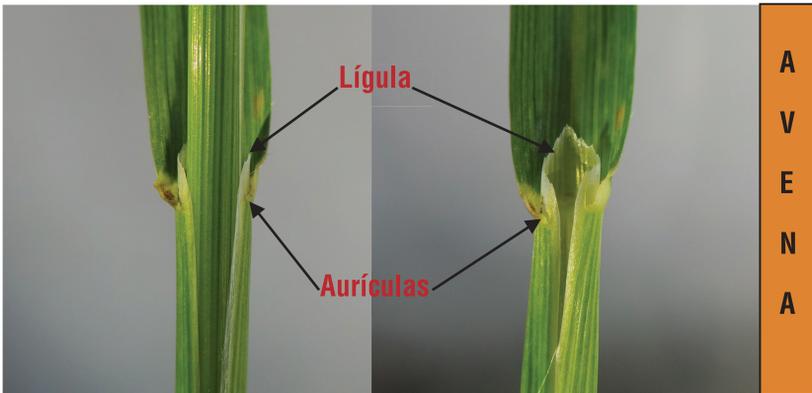
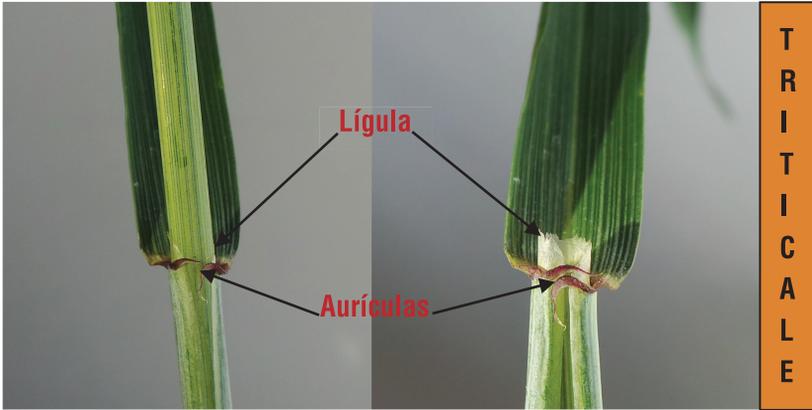
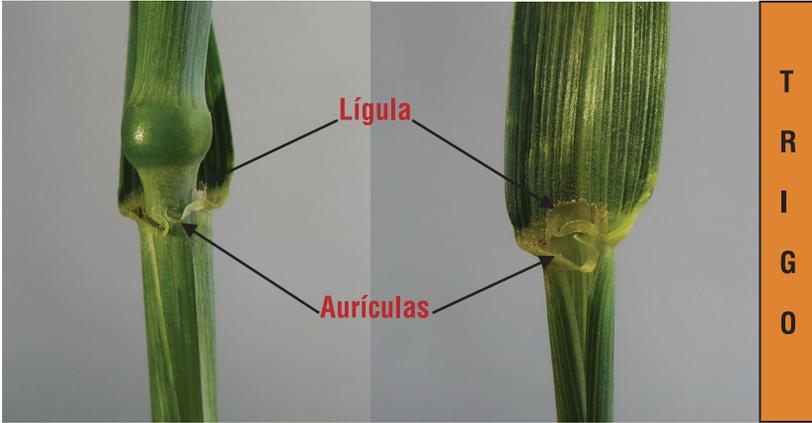
En los cereales menores es importante su identificación en etapas tempranas, ya que por su naturaleza y semejanza se tiende a confundirlos.

A pesar de que para algunos expertos existen diferencias claras en la coloración del follaje, sin embargo, dependiendo de las condiciones climáticas éstas pueden variar, así: el trigo tiene un follaje de color verde intenso, mientras que la cebada tiene un follaje de color verde claro, la avena un follaje de color verde-plateado y el triticale verde-azulado.

Sin embargo, hay otros parámetros que nos permitirán identificar qué tipo de cereal tenemos a la vista sin error a equivocarnos. En las hojas del trigo, cebada y triticale las aurículas abrazan el tallo, mientras que en la avena las aurículas no abrazan al tallo. Adicionalmente en la hoja del trigo la lígula no tiene forma de dientes, en la cebada tiene forma de dientes y en avena la lígula es ovalada (Ilustración 1).

Ilustración 1. Diferencias morfológicas en la hoja de la cebada, trigo, triticale y avena.







IDENTIFICACIÓN DE LAS ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO

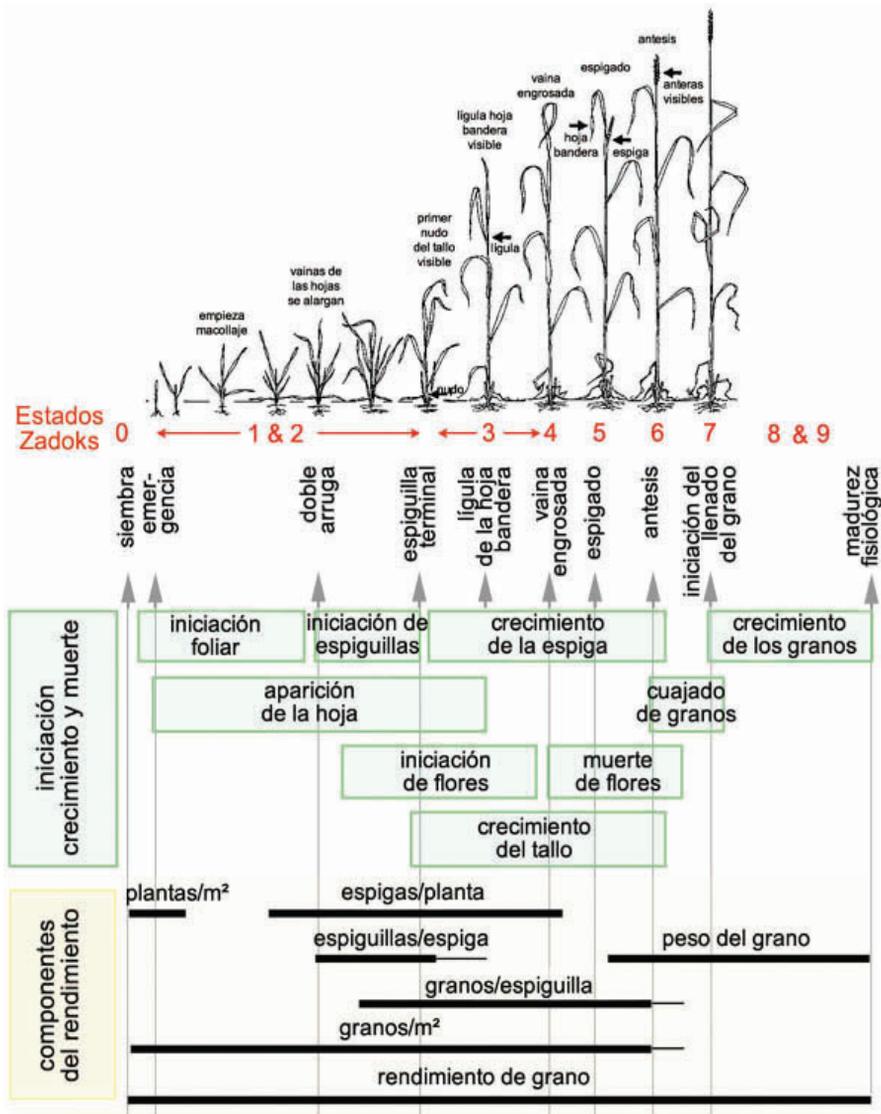
Este parámetro es de suma importancia ya que, dependiendo de la zona de producción, piso altitudinal y condiciones climáticas, la duración del ciclo de cultivo será mayor o menor. Razón por la cuál es necesario conocer en forma más detallada las diferentes etapas de desarrollo del cultivo.

Como principal herramienta empleamos la conocida escala de Zadoks, la cual en forma clara y explícita nos gráfica y detalla cada una de las etapas de desarrollo del cultivo.

El conocimiento de esta escala es fundamental para todos aquellos que trabajan con cereales menores ya que con base en esta se realizarán o se evaluarán todos los parámetros necesarios para la selección de germoplasma con características deseadas. Las evaluaciones no se deben realizar con base a los días transcurridos después de la siembra, sino tomando como base a las fases de desarrollo del cultivo.

A continuación, se encuentra la escala de Zadoks (Zadocks et al., 1974) representada gráficamente (Ilustración 2) y posteriormente encontraremos la misma escala descrita detalladamente (Cuadro 1; Ilustración 3) para cada una de las etapas más importantes de desarrollo del cultivo.

Ilustración 2. Escala gráfica de Zadoks donde se observa las etapas de desarrollo del cultivo.



Fuente: FAO 2001

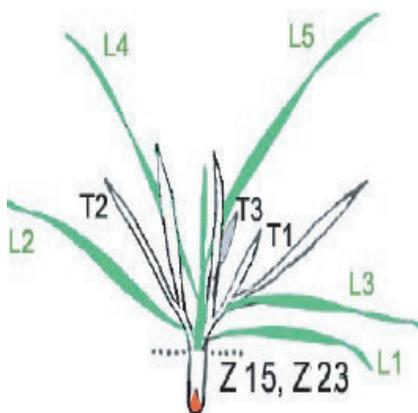
Nota: no todas las plantas alcanzan el mismo estado al mismo tiempo. Por lo tanto, se dice que se alcanzó un estado cuando el 50% de las plantas alcanzaron ese estado.

Cuadro 1. Escala descriptiva de las etapas fenológicas del cultivo desde la germinación hasta la madurez de cosecha (Zadoks, et al., 1974).

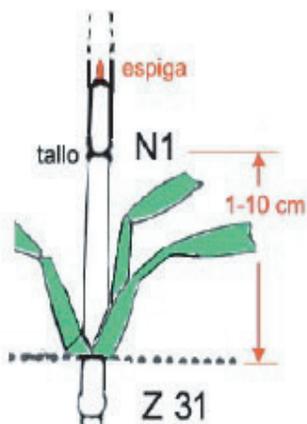
0	Germinación
07	Emergencia del coleóptilo
09	Hoja en el extremo del coleóptilo
10	Crecimiento de la planta
11	Primera hoja desarrollada
12	Dos hojas desarrolladas
13	Tres hojas desarrolladas
14	Cuatro hojas desarrolladas
20	Macollaje
21	Un tallo principal y un macollo
23	Un tallo principal y tres macollos
25	Un tallo principal y cinco macollos
27	Un tallo principal y siete macollos
30	Elongación del tallo
31	Primer nudo detectable
32	Segundo nudo detectable
33	Tercer nudo detectable
37	Hoja bandera visible
39	Lígula de hoja bandera visible
40	Preemergencia floral
41	Vaina de la hoja bandera extendida
45	Inflorescencia en mitad de la vaina de la hoja bandera
47	Vaina de la hoja bandera abierta
49	Primeras aristas visibles
50	Emergencia de la inflorescencia
51	Primeras espiguillas de la inflorescencia visibles
55	Mitad de la inflorescencia emergida
59	Emergencia completa inflorescencia
60	Antesis
61	Comienzo de antesis
65	Mitad de antesis
69	Antesis completa
70	Grano lechoso
75	Medio grano lechoso
77	Grano lechoso avanzado
80	Grano pastoso
83	Comienzo de grano pastoso
87	Pastoso duro
90	Madurez
91	Cariopse duro (difícil de dividir)
92	Cariopse duro (no se marca con la uña)

Ilustración 3. Gráficos de la Escala de Zadocks.





cinco hojas en
el tallo principal; tres macollos:
T1 tiene tres hojas;
T2 tiene dos hojas;
T3 tiene una hoja

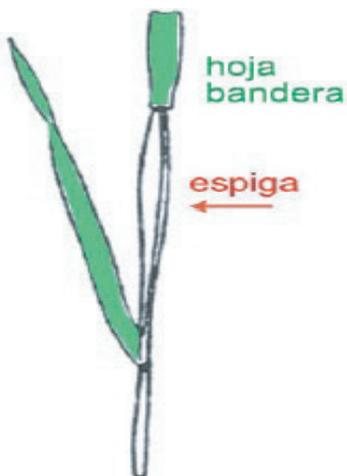


primer nudo (N1) perceptible
(el diagrama no incluye
los macollos y muchas
de las hojas)



Z 39

hoja bandera
totalmente
emergida



Z 45

espiga por encima
del cuello de la
penúltima hoja



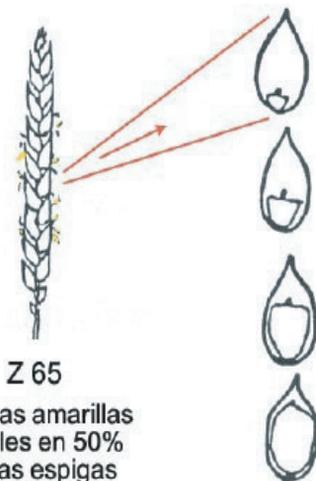
Z 55
mitad de
la espiga
visible



Z 60
toda
la espiga
visible



basado en
la adaptación por
M. Stapper de
Ann. appl. Biol.
93: 221-234



Z 65
anteras amarillas
visibles en 50%
de las espigas

Z 72
granos en la zona
central de la espiga
extendidos 20%

Z 75
granos en la zona
central de la espiga
extendidos 50%

Z 78
granos en la zona
central de la espiga
extendidos 80%

Z 81
granos en la zona central
de la espiga en madurez
acuosa con líquido claro

Nota: Z 10 = Escala Zadocks (Z) y Etapa de Desarrollo del Cultivo (10), así para todas las etapas; L=hoja; T=tallo; N=nudo

Fuente: Programa de Cereales-INIAP, 2019; FAO, 2001.

III

**PRINCIPALES VARIABLES AGRONÓMICAS
Y MORFOLÓGICAS A SER EVALUADAS
EN LOS CEREALES**

Existen diversas variables a ser evaluadas y que merecen especial atención durante el ciclo del cultivo, las mismas que nos permitirán seleccionar el germoplasma con las características deseables que estamos buscando.



1. EMERGENCIA

¿QUÉ ES?

La emergencia consiste en estimar el número de plantas emergidas en la parcela o campo experimental.

ESCALA:

Este parámetro es subjetivo y se evalúa visualmente, expresándolo como bueno, regular y malo, con sus respectivos porcentajes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala de evaluación de emergencia en cereales.

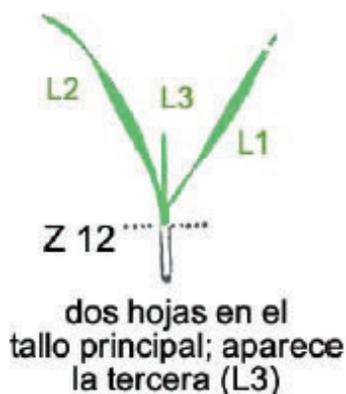
Escala	Descripción
Buena	81-100% plantas germinadas
Regular	60-80 % plantas germinadas
Malo	< 60 % plantas germinadas



Fotografía 1. Emergencia en campo de plántulas de cereales.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

Este parámetro se evalúa en la etapa de desarrollo Z 12 o Z 13 según la escala de Zadoks (Ilustración 4): DOS O TRES HOJAS DESARROLLADAS.



Fuente: Programa de Cereales-INIAP, 2019; FAO, 2001.

Ilustración 4. Etapa de desarrollo según escala de Zadoks para evaluar el porcentaje de emergencia.

FACTORES A CONSIDERAR:

Este parámetro puede verse afectado por diversos factores, entre ellos: profundidad de siembra, tipo de suelo, preparación del suelo y calidad de la semilla, así como por las condiciones ambientales presentes en la zona, antes y después de la siembra (precipitación, temperatura, entre otros).

2. VIGOR DE LA PLANTA

¿QUÉ ES?

La evaluación del vigor tiene como objetivo evaluar la expresión genética propia de cada material. El vigor es la fuerza con la que crecen las plantas en una parcela, basados en el desarrollo general del cultivo (tamaño de planta, tamaño de hoja, población, entre otros).

ESCALA:

Este parámetro es subjetivo y se evalúa visualmente, comparando el desarrollo general de las plantas, entre líneas y/o parcelas. (Cuadro 3; Fotografía 2)

Cuadro 3. Escala de evaluación de vigor de planta en cereales.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Bueno	Plantas y hojas grandes, bien desarrolladas
2		Escala Intermedia
3	Regular	Plantas y hojas medianamente desarrolladas
4		Escala Intermedia
5	Malo	Plantas pequeñas y hojas delgadas

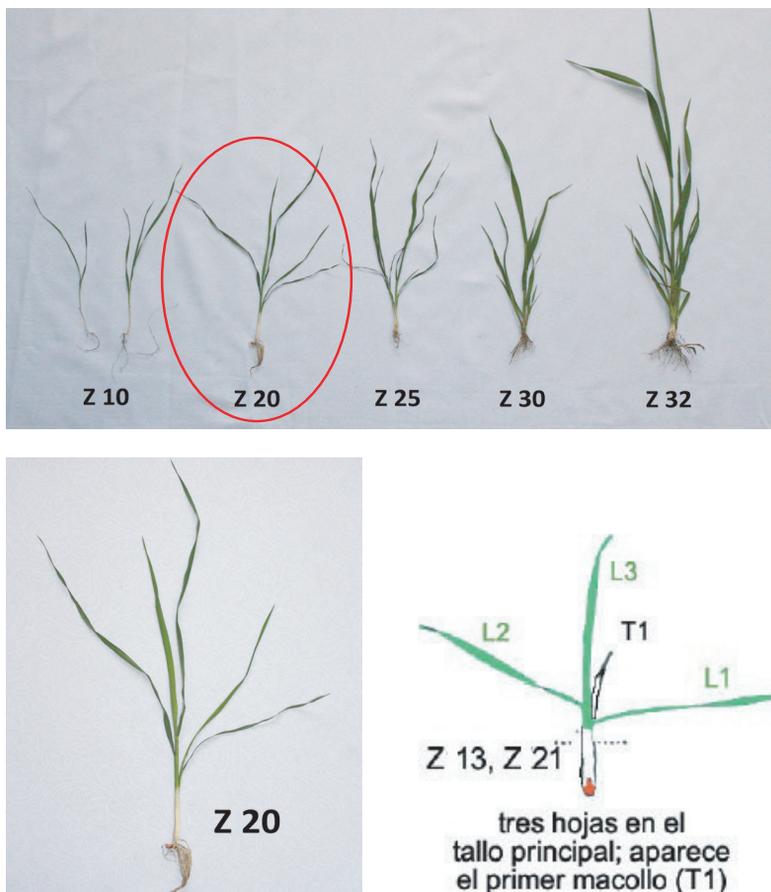


Fotografía 2. Ejemplo en campo de líneas de cereales con diferente vigor.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

Este parámetro se evalúa cuando el cultivo se encuentra en la etapa de

desarrollo Z 14 o Z 15 según la escala de Zadoks. CUATRO A CINCO HOJAS DESARROLLADAS, antes del inicio del macollamiento (Ilustración 5).



Fuente: Programa de Cereales-INIAP, 2019; FAO, 2001.

Ilustración 5. Etapa de desarrollo según escala de Zadoks para evaluar el vigor de planta.

FACTORES A CONSIDERAR:

Este parámetro además de ser genético, está directamente relacionado e influenciado por el tamaño y calidad de la semilla, disponibilidad de nutrientes y la humedad del suelo, por lo que se recomienda que el sitio seleccionado para la evaluación sea homogéneo.

3. HÁBITO DE CRECIMIENTO O PORTE

¿QUÉ ES?

Este factor está relacionado con la forma en que crece la planta, básicamente en cuanto a la disposición de las hojas y tallos durante el desarrollo en etapas iniciales.

ESCALA:

Para este parámetro utilizamos una escala de tres descriptores relacionados a la disposición de las hojas. (Cuadro 4; Fotografía 3)

Cuadro 4. Escala de evaluación hábito de crecimiento o porte en cereales.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Erecto	Hojas dispuestas verticalmente hacia arriba.
2	Intermedio (Semierecto o Semipostrado)	Hojas dispuestas diagonalmente, formando un ángulo de 45 grados.
3	Postrado	Hojas dispuestas horizontalmente, sobre la superficie del suelo



Postrado (P)



Intermedio (S)



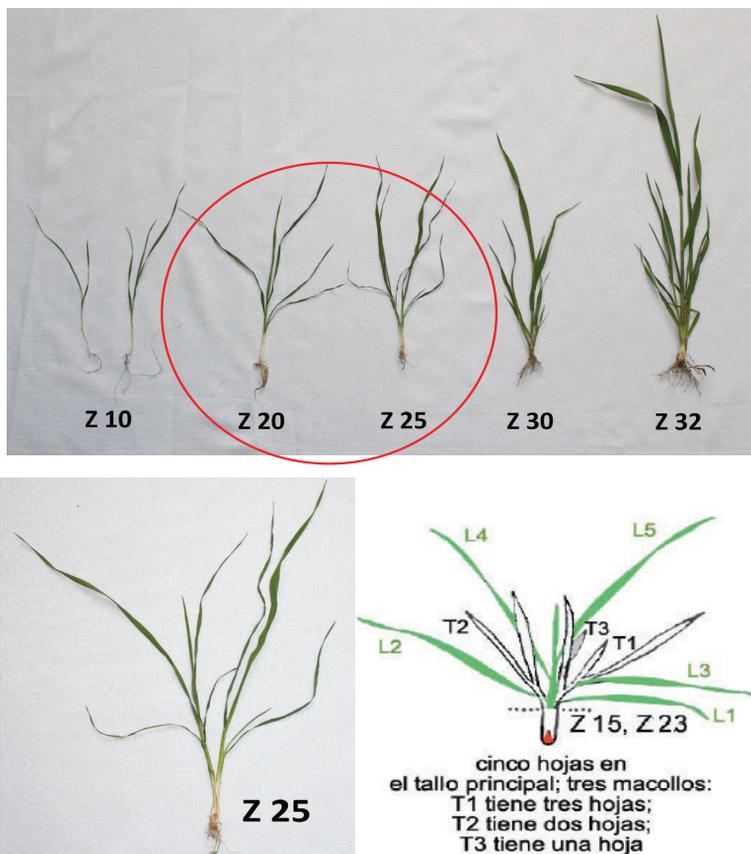
Erecto (E)

Fotografía 3. Escala para evaluar el hábito de crecimiento en plantas de cereales.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

La etapa de desarrollo del cultivo, para la toma de este parámetro, según

la escala de Zadoks es desde la Z 20 a la Z 29, es decir, toda la etapa de MACOLLAMIENTO (Ilustración 6).



Fuente: Programa de Cereales.INIAP, 2019; FAO, 2001.

Ilustración 6. Etapa de desarrollo según escala de Zadoks para evaluar el hábito de crecimiento.

FACTORES A CONSIDERAR:

Este parámetro está ligado directamente con la constitución genética del germoplasma, por lo que, la presencia de genes de vernalización dará la característica de Postrado. Otros factores importantes son la temperatura, precipitación, fotoperíodo u horas luz y nutrientes del suelo.

4. DÍAS AL ESPIGAMIENTO

¿QUÉ ES?

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

ESCALA:

La estimación de este parámetro se realiza en forma visual, estimando el número de días desde la siembra hasta que el 50% de espigas de la parcela aparecen en su totalidad (Fotografía 4). Se recomienda hacer lecturas continuas debido a que los materiales florecen en diferentes días.



Fotografía 4. Momento ideal para evaluación de días al espigamiento en cereales.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según

la escala de Zadoks es la Z 55, MITAD DE LA INFLORESCENCIA EMERGIDA (Ilustración 7).



Fuente: Programa de Cereales-INIAP, 2019; FAO, 2001.

Ilustración 7. Etapa de desarrollo según escala de Zadoks para evaluar los días al espigamiento en cereales.

FACTORES A CONSIDERAR:

Este parámetro se ve afectado por factores como: pisos altitudinales, condiciones climáticas, sequía, cambios bruscos de temperaturas, temperaturas altas y bajas, alta humedad, nubosidad y fotoperíodo.

5. ALTURA DE PLANTA

¿QUÉ ES?

No es otra cosa que el tamaño final que ha alcanzado la planta durante su desarrollo completo.

¿COMÓ SE EVALÚA?

Este parámetro se lo mide desde la superficie del suelo hasta el extremo de la espiga en centímetros, empleando una regleta, excluyendo las aristas (Fotografía 5). El momento de la evaluación es cuando el cultivo ha alcanzado la madurez comercial, a la cosecha.



Fotografía 5. Registro de altura de planta de cereales en campo.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 91, CARIÓPSIDE DURO (DIFÍCIL DE DIVIDIR).

FACTORES A CONSIDERAR:

Este parámetro se ve afectado por factores como: disponibilidad de nutrientes, alta precipitación, pisos altitudinales, condiciones climáticas, sequía, nubosidad, fotoperíodo, temperatura y factores genéticos. (Fotografía 6)



Fotografía 6. Plantas que presentan diferencia de altura en campo.

6. TIPO DE PAJA

¿QUÉ ES?

Es la estimación de la dureza y flexibilidad del tallo de la planta para tolerar el viento y el acame del cultivo.

¿COMÓ SE EVALÚA?

Esta evaluación depende mucho del criterio del técnico y de las condiciones reinantes durante el desarrollo del cultivo. Para este parámetro empleamos una escala de 1 al 3, descrita a continuación. (Cuadro 5; Fotografía 7)

Cuadro 5. Escala de evaluación de tipo de paja en cereales.

Escala	Nomenclatura	Descripción
1	Tallo fuerte	Tallos gruesos, erectos y flexibles, que soportan el viento y el acame.
2	Tallo intermedio	Tallos no muy gruesos, erectos y medianamente flexibles, que soportan parcialmente el viento y el acame.
3	Tallo débil	Tallos delgados e inflexibles, que no soportan el viento y el acame.



1 Fuerte



2 Intermedio



3 Débil

Fotografía 7. Escala para evaluar el tipo de paja en plantas de cereales.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 91, CARIÓPSIDE DURO (DIFÍCIL DE DIVIDIR).

FACTORES A CONSIDERAR:

Este parámetro es genético y está ligado básicamente con la altura de planta y tamaño de espiga, y se ve afectado por factores como: nutrición, alta precipitación, pisos altitudinales, condiciones climáticas, sequía, densidad, nubosidad, viento y fotoperíodo.

7. TAMAÑO DE ESPIGA

¿QUÉ ES?

No es otra cosa que el tamaño final que ha alcanzado la espiga durante el desarrollo del cultivo.

¿COMÓ SE EVALÚA?

Este parámetro se lo mide desde la base de la espiga hasta el extremo de la misma, sin incluir las aristas. Se usa una regla y se expresa en centímetros (Fotografía 8). La evaluación se lo realiza cuando el cultivo ha alcanzado la madurez comercial, es decir a la cosecha. Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo. Es necesario tomar al azar al menos 10 espigas y sacar un promedio.



Fotografía 8. Medición del tamaño de espiga de cebada usando una regla.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 92, CARIÓPSIDE DURO (NO SE MARCA CON LA UÑA).

FACTORES A CONSIDERAR:

Este parámetro se ve afectado por factores como: disponibilidad de nutrientes, precipitación, pisos altitudinales, condiciones climáticas, sequía, nubosidad, fotoperíodo y temperatura.

8. NÚMERO DE GRANOS POR ESPIGA

¿QUÉ ES?

Es el número de granos que alcanzó la espiga durante su desarrollo completo.

¿COMÓ SE EVALÚA?

Este parámetro es visual, para ello se debe tomar al azar al menos 10 espigas y contar manualmente el número de granos llenos que tiene cada espiga y estimar un promedio, cuando el cultivo ha alcanzado la madurez comercial, es decir que esta de cosecha (Fotografía 9). Este es uno de los componentes que nos permite estimar la productividad del cultivo.



Fotografía 9. Espiga y granos de cebada en estado de madurez comercial.

ETAPA DE EVALUACIÓN:

La etapa de desarrollo del cultivo, para el registro de este parámetro, según la escala de Zadoks es la Z 92, CARIÓPSIDE DURO (NO SE MARCA CON LA UÑA).

Este parámetro y el tamaño de espiga se pueden tomar al mismo tiempo.

FACTORES A CONSIDERAR:

A pesar que este parámetro viene definido genéticamente, se ve afectado directamente por factores como: disponibilidad de nutrientes, precipitación, pisos altitudinales, condiciones climáticas, sequía, nubosidad, fotoperíodo y temperatura.

IV

VARIABLES A EVALUAR
EN POST-COSECHA

Existen varias variables que se deben evaluar en post-cosecha las cuales nos permitirán seleccionar el germoplasma que cumpla con los parámetros de calidad que requiere el usuario final.



1. RENDIMIENTO

¿QUÉ ES?

Es el parámetro más importante a evaluar, nos indica básicamente la producción potencial en grano que cada material puede alcanzar.

¿COMÓ SE EVALÚA?:

Este valor esta dado en g parcela⁻¹, y se lo puede transformar a kg ha⁻¹, para calcular el rendimiento potencial estimado.

Para ello debemos pesar en su totalidad la producción de cada unidad experimental, previamente definida. Para realizar esta medición el grano debe estar con 13% de humedad y limpio. (Fotografía 10)

FACTORES QUE LO AFECTAN:

Este parámetro se ve afectado por factores tanto bióticos (plagas y enfermedades) como abióticos (clima, suelo, agua, temperatura, nubosidad, nutrientes, pH, granizadas, heladas, etc).



Fotografía 10: Grano cosechado de cereales.

2. PESO HECTOLÍTRICO O ESPECÍFICO

¿QUÉ ES?

Es el peso del grano en un volumen específico. Esto quiere decir que mientras mayor peso se alcanza mejor es la calidad del producto.

¿COMÓ SE EVALÚA?

Este peso debe ser estimado en kilogramos por hectolítro (kg hl^{-1}), para ello empleamos una balanza para peso específico o hectolítrico. (Fotografía 11)

Para evitar errores se debe realizar al menos tres mediciones al azar, para sacar un promedio.



Fotografía 11. Balanza de peso hectolítrico.

FACTORES A CONSIDERAR:

Todos los factores relacionados con el llenado de grano influyen directamente sobre este parámetro, tanto bióticos (plagas y enfermedades), como abióticos (clima, temperatura altas y bajas, nutrientes, agua, pH, luminosidad, nubosidad, etc), y la humedad del grano.

3. PESO DE MIL GRANOS

¿QUÉ ES?

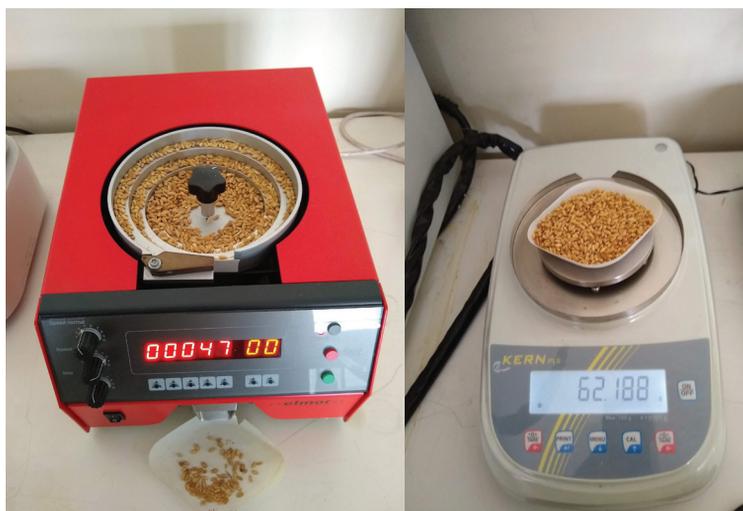
Consiste en el peso que alcanzan 1000 granos seleccionados al azar; mientras mayor es el peso, mayor es el rendimiento potencial del cultivo. Adicionalmente, se le utiliza para calcular la densidad de siembra.

¿COMÓ SE EVALÚA?

El peso esta dado en gramos, para ello empleamos una balanza electrónica. (Fotografía 12)

FACTORES QUE LO AFECTAN:

Este está determinado por el porcentaje de humedad del grano, tamaño del grano, y por las condiciones reinantes de suelo y clima durante el desarrollo del cultivo.



Fotografía 12. Determinación del peso de 1000 granos.

4. TIPO Y COLOR DE GRANO

¿QUÉ ES?

Es la calificación que recibe el grano de acuerdo a su color, forma, tamaño, uniformidad o daño. Se evalúa una vez que el grano está totalmente seco. (Fotografía 13)

¿COMÓ SE EVALÚA?

Según el cultivo, se emplea las siguientes escalas propuestas por el Programa de Cereales del INIAP.

Cuadro 6. Escala de evaluación para tipo de grano en cebada.

Escala	Descripción
***	Grano grande, grueso, redondo, blanco o crema
**	Grano mediano, redondo, blanco o amarillo
*	Grano mediano, alargado, crema o amarillo
+	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado

Cuadro 7. Escala de evaluación para tipo de grano en trigo.

Escala	Descripción
Tipo de grano	
1	Grano grueso, grande, bien formado, limpio
2	Grano mediano, bien formado, limpio
3	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado.
Color de grano	
B	Blanco
R	Rojo

Cuadro 8. Escala de evaluación para tipo de grano en avena.

Escala	Descripción
**	Grano excelente, grueso, grande, amarillo o blanco
*	Grano mediano, grueso, blanco o amarillo
+	Grano pequeño, delgado, manchado, chupado

FACTORES QUE LO AFECTAN:

Este es un factor genético, pero se puede ver influenciado por las precipitaciones y temperaturas presentes al final del ciclo del cultivo, y por la incidencia de enfermedades que afectan a la espiga.



Fotografía 13. Color rojo y blanco en granos de trigo.

V

PRINCIPALES ENFERMEDADES Y PARÁMETROS PARA EVALUAR LA RESISTENCIA

En el Ecuador las enfermedades más limitantes en los cultivos de cereales son las royas, caracterizadas por ser un patógeno policíclico que puede mutar con gran facilidad; otras enfermedades importantes son: *Fusarium* sp, virus del enanismo de la cebada, *Helmintosporium*, escaldadura, *Septoria* y carbón.

Para realizar una evaluación acertada de las enfermedades en los cereales es necesario diferenciar algunos conceptos básicos como: incidencia, severidad y tipo de reacción.

¿QUÉ ES LA INCIDENCIA?

La incidencia nos indica la presencia o ausencia de una determinada enfermedad en la planta, independientemente de la gravedad de su ataque y/o distribución.

Determinación:

Tomar una muestra de plantas en forma aleatoria del lote y verificar a simple vista la presencia o no de la enfermedad. El resultado será una proporción de plantas y/o macollos enfermos (pe) sobre plantas totales evaluadas (pt), expresado en porcentaje.

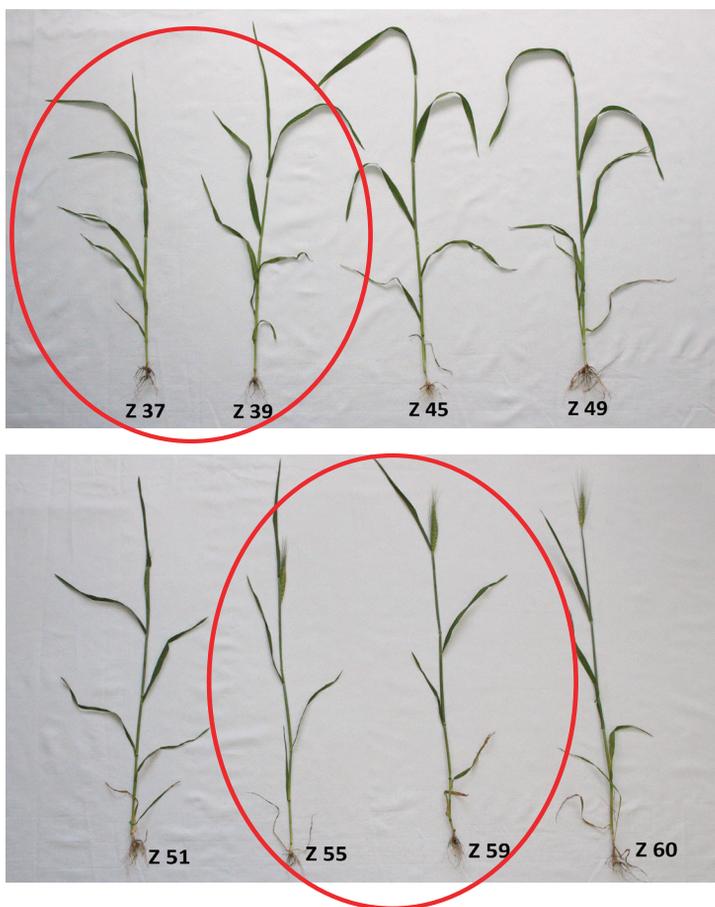
$$I (\%) = \frac{pe}{pt} \times 100$$

¿QUÉ ES LA SEVERIDAD?

Esta variable permite cuantificar la presencia y daño causado por una enfermedad expresado en porcentaje del tejido dañado de la planta. Según la enfermedad existen diferentes escalas que se pueden emplear.

ETAPA DE EVALUACIÓN

La evaluación de enfermedades se la realiza en dos estados de desarrollo fenológico, la primera en la Z37 y Z39, y la segunda en la Z55 y Z59 (Ilustración 8), en las cuatro hojas superiores especialmente en la hoja bandera ya que es la responsable del 80 al 90% de la materia seca acumulada de los granos. Además, fenológicamente es el momento en que la acción de enfermedades foliares pueden ocasionar daños de importancia económica.



Fuente: Programa de Cereales-INIAP, 2019.

Ilustración 8. Etapa de desarrollo según escala de Zadoks para evaluar la resistencia a enfermedades.

¿QUÉ ES EL TIPO DE REACCIÓN?

Otro de los parámetros evaluados en materiales resistentes principalmente a royas, es el tipo de reacción, que está asociado con la reacción en campo que tiene la planta ante el ataque de los patógenos, la cual dependiendo de su nivel de resistencia permitirá o no el crecimiento del mismo.

FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DE ENFERMEDADES:

Existen varios factores que afectan o promueven el desarrollo de las enfermedades: intrínsecos y extrínsecos.

Los factores intrínsecos son aquellos que tienen que ver con la constitución genética del germoplasma evaluado, es decir la presencia o no de genes de resistencia.

Los factores extrínsecos son aquellos que tienen que ver con las condiciones externas que afectan al desarrollo del cultivo y favorecen el desarrollo del patógeno, entre otras: temperatura, humedad ambiental, fotoperiodo, precipitación, pH, nutrientes, etc.

CONTROL

La forma más fácil y económica de control de las enfermedades es el uso de variedades resistentes, caso contrario, es necesario el control químico a través de productos específicos para cada enfermedad.

1. LAS ROYAS

Las royas son parásitos biótrofos obligados, con micelio intercelular y haustorios. Aunque pueden aparecer en cualquier parte aérea de la planta, atacan mayormente a hojas, tallos y la espiga. Las royas suelen ser parásitos muy especializados que atacan sólo a ciertos hospedantes. El control de las royas se realiza mediante el uso de variedades resistentes y la eliminación de los hospedantes alternativos. Su importancia radica en el daño que provocan al cultivo y las pérdidas que representan para el productor, las cuales en casos extremos pueden alcanzar el 100% de pérdida del rendimiento del cultivo.

DENOMINACIÓN

Generalmente en la evaluación de royas se registra la severidad seguida del tipo de reacción, para caracterizar de mejor manera la sintomatología de las plantas.

SEVERIDAD

Para cuantificar la presencia y daño causado por las royas en porcentaje de tejido dañado de la planta, empleamos la escala modificada de Cobb (Stubbs R. W et al., 1986) (Ilustración 9).

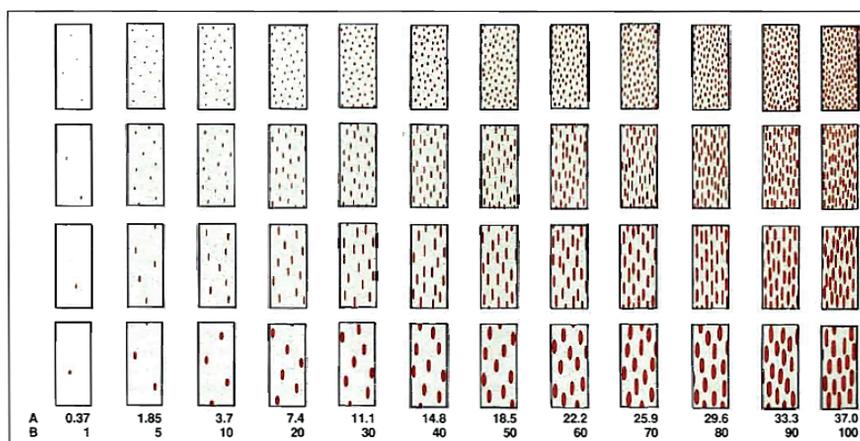


Ilustración 9. Escala Modificada de Cobb, para severidad en royas.

TIPO DE REACCIÓN

Para determinar el tipo de reacción a royas se usa la siguiente escala (Cuadro 9):

Cuadro 9. Escala para determinar el tipo de reacción en royas.

Reacción	Descripción
0	Ningún síntoma visible en la planta
R	Clorosis o necrosis visibles sin presencia de uredias.
MR	Pequeñas uredias rodeadas por áreas cloróticas o necróticas.
M	Uredias de variados tamaños, algunos con clorosis, necrosis o los dos
MS	Uredias de tamaño medio posiblemente rodeados de clorosis
S	Grandes uredias generalmente con poca o ninguna clorosis ni necrosis.

Fuente: CIMMYT

IMPORTANCIA ECONÓMICA

En nuestro medio las royas pueden producir pérdidas en el rendimiento hasta del 100% en germoplasma susceptible.

a. ROYA AMARILLA

SINTOMATOLOGÍA

La roya amarilla es producida por el hongo *Puccinia striiformis*, ataca al trigo, cebada y triticale, y puede atacar tanto al follaje como a las espigas. Se caracteriza por su color amarillo y crecimiento rectilíneo o estriado en dirección de las nervaduras de las hojas. (Fotografía 14)



Fotografía 14. Hojas y espigas con presencia de roya amarilla (*Puccinia striiformis*).

SEVERIDAD (%)

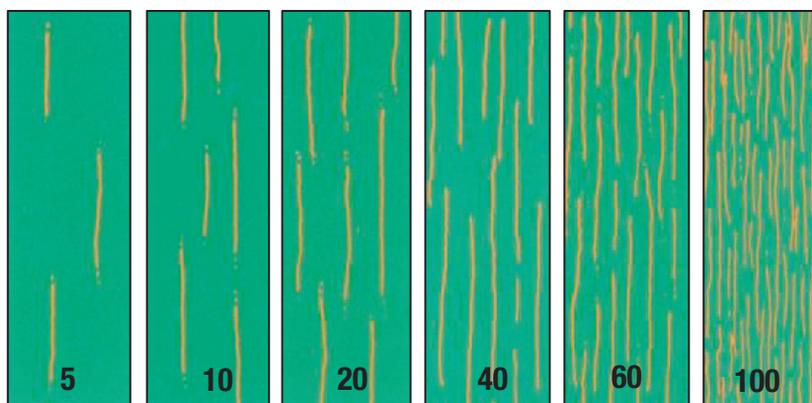
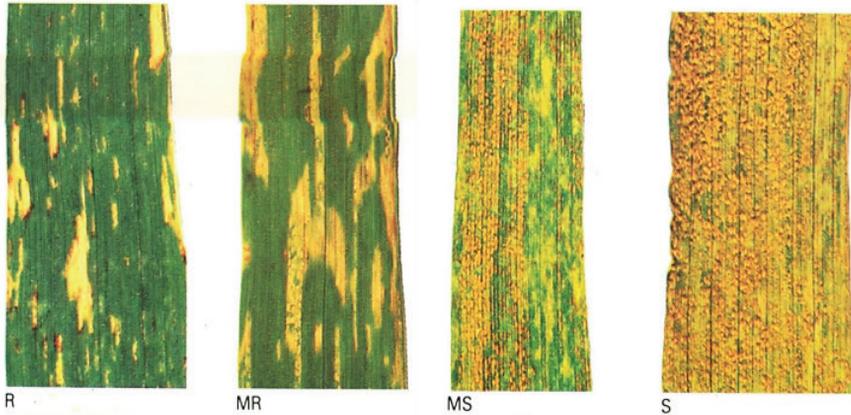


Ilustración 10. Severidad para roya amarilla o lineal. Fuente: CIMMYT, 1986.

TIPO DE REACCIÓN



**Ilustración 11. Tipo de reacción para roya amarilla (*Puccinia striiformis*).
Fuente: Roelfs et al., 1992.**

CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

Temperaturas entre 10 y 15 °C y agua libre durante por lo menos 6 horas.

b. ROYA DE LA HOJA

SINTOMATOLOGÍA

La roya de la hoja en trigo es producida por el hongo *Puccinia triticina*, en la cebada por *Puccinia hordei* y en avena por *Puccinia coronata*. Se caracteriza porque las pústulas tienen forma circular o ligeramente elíptica y su distribución no sigue ningún patrón el color de las pústulas fluctúa entre el anaranjado y el café anaranjado. (Fotografía 15)



Fotografía 15. Hojas con presencia de roya de la hoja (*Puccinia triticina*).

SEVERIDAD (%)

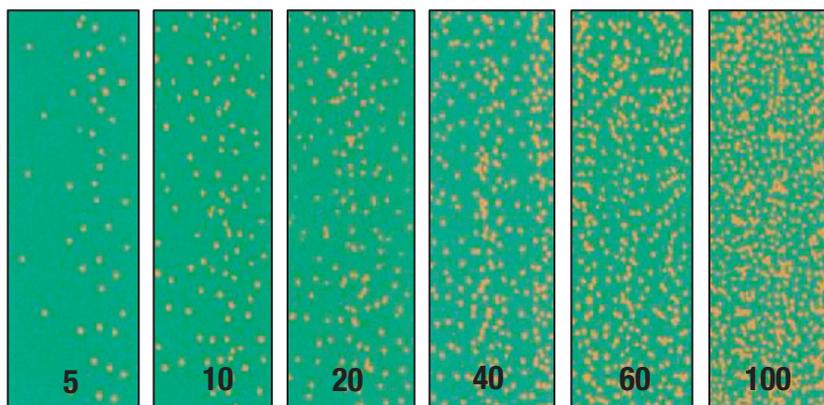
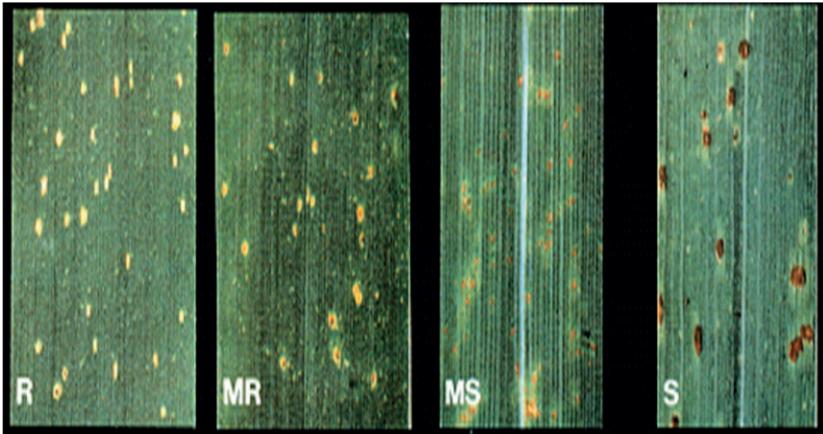


Ilustración 12. Severidad para roya de la hoja. Fuente: CIMMYT, 1986.

TIPO DE REACCIÓN



**Ilustración 13. Tipo de reacción para roya de la hoja (*Puccinia triticina*).
Fuente: Roelfs et al., 1992.**

CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

Temperaturas óptimas entre 15-20°C con rocío o agua libre por no menos de 6 horas.

c. ROYA DEL TALLO

SINTOMATOLOGÍA

La roya del tallo o roya negra es producida por el hongo *Puccinia graminis* Pers. Se caracteriza porque las pústulas (masas de uredosporas) son de color café oscuro y se la encuentra en ambas caras de la hoja, en los tallos y en la espiga; cuando la infección es intensa las masas de esporas emergen de la epidermis dando una apariencia áspera y agrietada. (Fotografía 16)



Fotografía 16. Tallos, espiga y hojas con presencia de roya del tallo (*Puccinia graminis*).

SEVERIDAD (%)

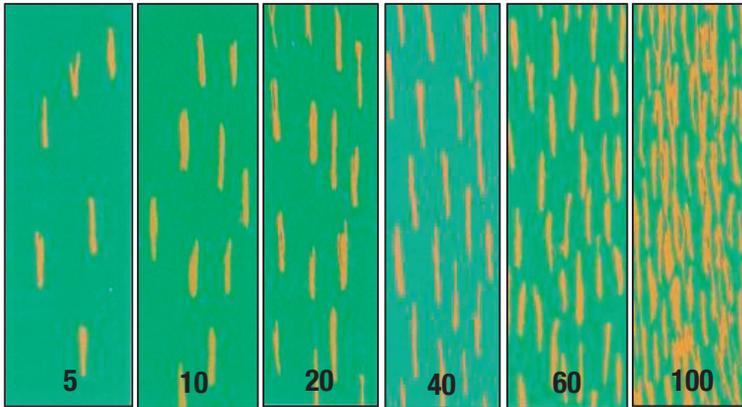


Ilustración 14. Severidad para roya del tallo. Fuente: CIMMYT, 1986.

TIPO DE REACCIÓN

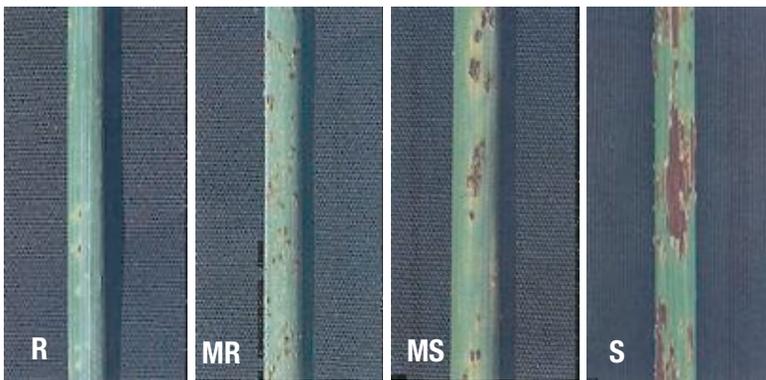


Ilustración 15. Tipo de reacción para roya del tallo (*Puccinia graminis*). Fuente: Roelfs et al., 1992.

CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

Temperaturas óptimas entre 20°C o más con rocío o agua libre por no menos de 6 horas, en 10-15 días se produce la primera generación de uredosporas, y a medida que la planta madura se forman masas negras de teliosporas. La roya del tallo puede afectar al trigo, cebada, triticale, avena y otras gramíneas afines.

2. FUSARIUM (*Fusarium* spp.)

SINTOMATOLOGÍA

La fusariosis puede ser causada por varias especies del hongo las cuales infectan a los principales componentes de las espigas: partes florales, glumas, granos y raquis del trigo, cebada y triticale produciendo un blanqueamiento prematuro en las espiguillas o espigas infectadas, cuando los síntomas están más desarrollados se puede observar masas de esporas y micelio rosado salmón que también se evidencian en los granos cosechados los cuales pierden su peso y forma. (Fotografía 17)



Fotografía 17. Espigas y granos con fusarium (*Fusarium* spp.)

Su importancia radica en que produce micotoxinas peligrosas para la salud humana y animal. Otro aspecto importante de esta enfermedad es que se puede transmitir por la semilla, por lo que es necesario el uso de semilla de calidad.

Este hongo puede sobrevivir en el suelo por lo que la rotación del cultivo y la eliminación del rastrojo son medidas que permiten combatir esta enfermedad.

ESCALA: Expresada en porcentaje de daño.

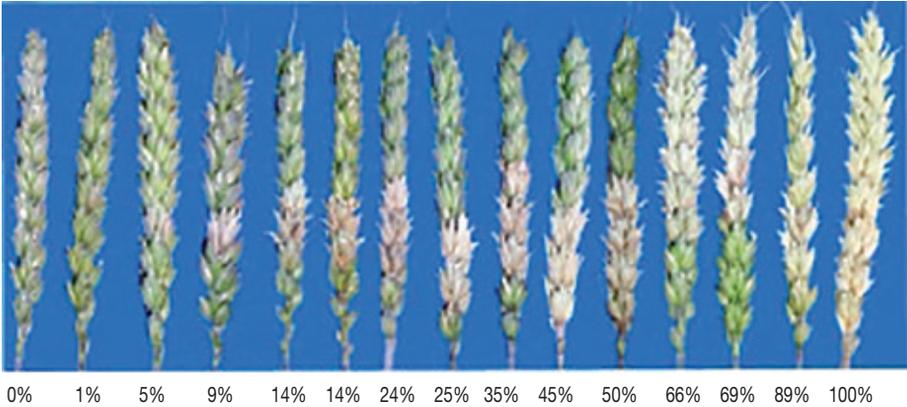


Ilustración 16. Escala de porcentaje de daño en espiga de trigo. Fuente: Stack and MacMullen, 1995.

CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

Clima húmedo por más de 48 horas y con altas temperaturas, coincidiendo con los estadios de antesis extendiéndose hasta la formación de grano lechoso – pastoso.

3. VIRUS DEL ENANISMO AMARILLO DE LA CEBADA (Barley Yellow Dwarf Virus, BYDV)

El enanismo amarillo de la cebada es probablemente la virosis de los cereales con mayor distribución en el mundo, atacando al trigo, cebada, triticale, avena y muchas más especies de gramíneas.

SINTOMATOLOGÍA

Esta enfermedad es causada por virus que son diseminados mediante un vector, es este caso por pulgones de varias especies y puede producir enanismo por la falta de elongación de los entrenudos, pérdida de color de las hojas que se extiende desde el ápice y por los márgenes hacia la base (Fotografía 18). El amarillamiento es típico de cebada y trigo; aunque algunos cultivares, como avena, pueden manifestar una coloración roja o púrpura. Puede o no causar enanismo dependiendo de la raza del virus, la época de inoculación en relación al desarrollo de la planta y de la variedad.



Fotografía 18. Plantas amarillas y enanas con sintomatología de virosis.

¿COMÓ SE EVALÚA?

La evaluación se lo realiza de forma visual, y se utiliza la escala descrita por Schaller y Qualset (1980), para determinar el grado de daño por virosis (Cuadro 10).

Cuadro 10. Escala para determinar el grado de daño por virosis.

GRADO	SIGNIFICADO
1	Trazas de amarillamiento (a veces color rojizo) en la punta de pocas hojas, planta de apariencia vigorosa.
2	Amarillamiento restringido de las hojas, una mayor porción de áreas amarillas comparado con el grado 1; más hojas decoloradas.
3	Amarillamiento de cantidad moderada a baja, no hay señales de enanismo o reducción de macollamiento.
4	Amarillamiento moderado o algo extenso; no hay enanismo.
5	Amarillamiento más extenso; vigor de la planta moderado, o pobre, cierto enanismo.
6	Amarillamiento severo, espigas pequeñas; enanismo moderado, apariencia pobre de la planta.
7	Amarillamiento severo, espigas pequeñas, enanismo moderado, apariencia pobre de la planta.
8	Amarillamiento casi completo, de todas las hojas; enanismo; macollamiento reducido en apariencia (presencia de rosetas); tamaño reducido de las espigas con alguna esterilidad.
9	Enanismo severo; amarillamiento completo, espigas escasas; considerable esterilidad; madurez acelerada o secamiento de la planta antes de la madurez normal.

CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

Una alta intensidad de luz, siendo favorable las zonas cálidas y temperaturas relativamente frescas (15-20 °C). Bajas precipitaciones o sequías prolongadas favorecen el apareamiento de esta enfermedad.

4. MANCHAS FOLIARES



Fotografía 19. Manchas foliares a) *Helminthosporium* sp, b) *Rhynchosporium secalis* c) *Septoria tritici* y d) *Septoria nodorum*.

Entre las principales manchas foliares que se presentan en los cereales tenemos al *Helminthosporium teres* en cebada, *Helminthosporium tritici-repentis* en trigo y triticale y *Helminthosporium sativum* en avena, que se caracterizan por presentar manchas de color café que pueden presentar diferente forma.

Otra mancha foliar que se observa en la cebada, en trigo y en algunos triticales, es la “escaldadura” o *Rhynchosporium secalis*, que ataca a todos los órganos de la planta, presentándose manchas aisladas o agrupadas, de forma romboidal y de color verde oliváceo claro a verde grisáceo.

El tizón foliar causado por *Septoria tritici* y el tizón de la gluma causado por *Septoria nodorum* son los hongos que más daños causan en los cereales, especialmente en trigo, cebada y triticale. Los síntomas se presentan en las hojas inferiores como manchas de color amarillo pajizo, luego en la parte superior se presentan manchas de forma ovalada, de color amarillo verdoso o gris verdoso. En las lesiones se observan puntos negros, picnidios.

¿COMÓ SE EVALÚA?

Se emplea la escala de Doble Dígito de Saari-Prescott (0-9) (Stubbs R. W et al., 1986) para enfermedades foliares en trigo y cebada en el cual se representa el avance vertical de la enfermedad identificada por el primer dígito, 0-9 (Ilustración 17) y una estimación de la gravedad del daño representada por el segundo dígito, expresada en porcentaje (Ilustración 18).



Ilustración 17. Escala de Saari – Prescott (0-9) para evaluar la intensidad de las enfermedades foliares en el trigo y la cebada. Fuente: Stubbs R. W et al., 1986



Ilustración 18. Porcentaje de la superficie foliar o de la espiga afectada por *S. nodorum*. Fuente: Stubbs R. W et al., 1986

CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

Por lo general las manchas foliares, se presentan cuando el clima es fresco (10-15°C) y prolongadamente húmedo y nublado. Altas precipitaciones seguidos de días parcialmente nublados, favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Estas enfermedades se pueden transmitir por la semilla por lo que es necesario el uso de semilla de calidad.

5. CARBÓN (*Ustilago* spp.)

SINTOMATOLOGÍA

La aparición de la enfermedad comienza desde la época de la floración y se manifiesta antes que las espigas salgan de la vaina que la rodea. Las espigas infectadas salen antes que las demás y es fácilmente reconocible ya que la espiga es sustituida por una masa de esporas de carbón tipo hollín y su diseminación es básicamente mediante semilla infectada. (Asiz, 2016)

El trigo es atacado por el hongo *Ustilago tritici*, para el caso de la cebada *Ustilago nuda* y la avena por *Ustilago avenae*. (Fotografía 20)



Fotografía 20. Espigas y panojas con presencia de carbón (*Ustilago* spp.).

ESCALA

La estimación de este parámetro se realiza en forma visual, determinando el número de plantas infectadas. Además, se puede realizar la estimación visual del porcentaje afectado de la espiga. (Ilustración 19)

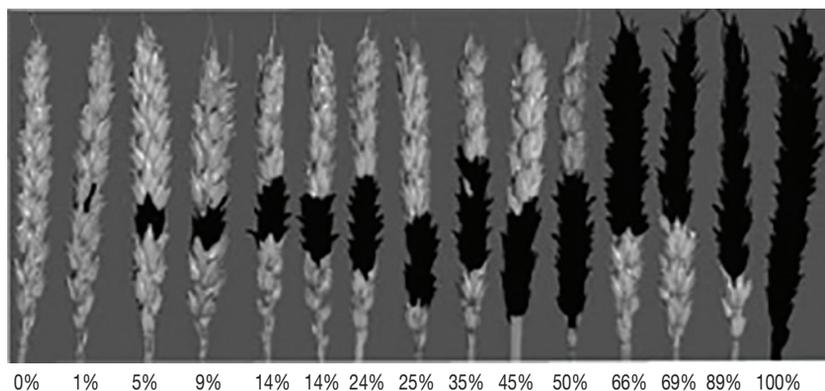


Ilustración 19. Porcentaje de la espiga afectada por carbón cubierto.

CONDICIONES AMBIENTALES FAVORABLES

Las condiciones ambientales son limitantes para la infección del patógeno. Las esporas germinan en condiciones de alta humedad (95% humedad relativa) y temperaturas entre 16-22 °C (Wilcoxson y Saari, 1996). Los climas frescos y húmedos que alargan la floración, favorecen la infección y el desarrollo de esta enfermedad. Sin embargo, lo más importante de esta enfermedad es que se transmite por el viento e infecta las semillas, por lo que es importante realizar una desinfección adecuada y oportuna de la semilla.

LITERATURA CONSULTADA

Almacellas J, López A. 2015. Enfermedades de la semilla de los cereales. Vida Rural. España. 50-61 pp.

Astiz-Gasso M.M. 2016. Carbones del trigo. En: Libro Enfermedades del trigo; Avances científicos en la Argentina. Coord. Dra Cristina Cordo y Marina N. Sisterna. Cap. 2. Pags 91-102.

Duveiller E, Singh P.K, Mezzalama M, Singh R.P, Dababat A. 2012. Wheat Disease and Pests: A Guide for Field Identification (2nd Edition). CIMMYT.

FAO. 2001. Trigo Regado: Manejo del Cultivo. Por: Rawson H, Gómez H. Roma, Italia. ISBN 92-5-304488-8. <http://www.fao.org/3/x8234s/x8234s00.htm#>

LORDA H. F. 1975. Material gráfico inédito de la Cátedra de Forrajicultura, Facultad de Agronomía de la UNLPam.Santa Rosa, La Pampa.

Prescott J.M, Bunett P.A, Saari E.E, et al. 1986. Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F., México. 135 p.

Roelfs A. P, Singh R. P, Saari E.E. 1992. Las royas del trigo: Conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades. México, D.F.: CIMMYT. 81 p.

Schaller C.W, Qualset C.O. 1980. Breeding for resistance to the barley yellow dwarf virus. Proc. Third Int. Wheat Conf., Madrid, Spain. In University of Nebraska Agricultural Experiment Station. Publication MP 41. 528-541 pp.

Stack R. W, MacMullen M.P. 1995. A visual scale to estimate severity of Fusarium head blight in wheat. N:D: State Univ. Ext. Publ. pp:1095.

Stubbs R.W, Prescott J.M, Saari E.E, Dubin H.J. 1986. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. CIMMYT en cooperación con el Instituto de Inv. para la Protección Vegetal(IPO), Wageningen, Países Bajos p 1-46.

Wilcoxson R.D, Saari E. 1996. Bunt and smut disease of wheat. Concepts and Methods of Disease Management. México, D.F. CIMMYT 66 pp.

Zadocks J.C, Chang T.T, Konzak C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research. 14:415-421.

<http://wheatdoctor.org/> WheatDoctor. By: CIMMYT. Consultada en enero de 2019.



Innovando el
Agro Ecuatoriano

Mayor Información:

INIAP

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

PROGRAMA DE CEREALES

Estación Experimental Santa Catalina

Panamericana Sur Km1

Teléfono: +593 2 3006571

CP: 170353

Quito-Ecuador



INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



EL
GOBIERNO
DE TODOS



ISBN: 978-9942-22-468-2



9 789942 224682



agroinvestigacionecuador



@INIAPECUADOR



agroinvestigación iniap

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
Av. Eloy Alfaro N-30-350 y Av. Amazonas. Edificio MAGAP-Piso 4
Casilla 17-17-362. Teléfonos (593-2) 2565963 / 2504 996 / 2567 645

www.iniap.gob.ec