

Libros de **Cátedra**

Cereales de verano

María Rosa Simón y Silvina Inés Golik (coordinadoras)

n
naturales

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

CEREALES DE VERANO

María Rosa Simón
Silvina Inés Golik
(coordinadoras)

Facultad de Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



Dedicatorias

A nuestras familias y amigos que constituyen un constante apoyo espiritual en nuestras vidas.
A nuestros alumnos que nos incentivan para continuar profundizando en esta interesante disciplina
y en la apasionante misión de enseñar.

Agradecimiento

A la Universidad Nacional de La Plata, por su apoyo para la realización y publicación de este libro y a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales que es el ámbito en que desarrollamos nuestro curso.

Nuestro especial reconocimiento a los docentes del curso de Cerealicultura, que nos precedieron, que estimularon nuestra vocación docente y nos señalaron el camino a seguir.

A los docentes e investigadores de los que nos hemos nutrido a través de sus publicaciones para completar esta obra.

Índice

PRÓLOGO	9
Capítulo 1	
Maíz: Importancia, origen, sistemática, morfología y composición química	10
<i>Silvina Golik, Silvina Larran, Guillermo Gerard, María Constanza Fleitas</i>	
Capítulo 2	
Maíz: Crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz	26
<i>Silvina Golik, Matías Schierenbeck, Juan Ignacio Dietz, María Constanza Fleitas</i>	
Capítulo 3	
Maíz: Época y densidad de siembra	41
<i>María Rosa Simón, Matías Schierenbeck, Juan Ignacio Dietz</i>	
Capítulo 4	
Maíz: Fertilización y rotaciones	57
<i>Silvina Golik, María Constanza Fleitas</i>	
Capítulo 5	
Maíz: Manejo de enfermedades	75
<i>María Rosa Simón, Silvina Larran, María Constanza Fleitas</i>	
Capítulo 6	
Maíz: Manejo de plagas	101
<i>María Rosa Simón, Juan Ignacio Dietz, Matías Schierenbeck</i>	
Capítulo 7	
Maíz: Manejo de malezas	133
<i>María Soledad Zuluaga, Silvina Golik, María Constanza Fleitas, Carlos Campanela</i>	
Capítulo 8	
Maíz: Zonas de cultivo	151
<i>Silvina Golik, Matías Schierenbeck, María Constanza Fleitas</i>	
Capítulo 9	
Maíz: Usos y comercialización	177
<i>María Rosa Simón, Guillermo Sebastián Gerard</i>	

Capítulo 10

Maíz: Objetivos del mejoramiento genético_____ 191
Guillermo Gerard, María Rosa Simón

Capítulo 11

Sorgo: Importancia, origen, sistemática, morfología y composición química_____ 212
Silvina Golik, Silvina Larran, Guillermo Gerard, Juan Pablo Uranga, María Constanza Fleitas

Capítulo 12

Sorgo: Crecimiento y desarrollo_____ 228
Silvina Golik, María Constanza Fleitas

Capítulo 13

Sorgo: Época y densidad de siembra_____ 244
Silvina Golik

Capítulo 14

Sorgo: Fertilización y rotaciones_____ 252
Silvina Golik, María Constanza Fleitas

Capítulo 15

Sorgo: Manejo de enfermedades_____ 260
Silvina Larran, María Constanza Fleitas, María Rosa Simón

Capítulo 16

Sorgo: Manejo de plagas_____ 279
María Rosa Simón

Capítulo 17

Sorgo: Manejo de malezas_____ 284
Soledad Zuluaga, Silvina Golik, María Constanza Fleitas, Carlos Campanela

Capítulo 18

Sorgo: Zonas de cultivo_____ 293
Silvina Golik, María Constanza Fleitas

Capítulo 19

Sorgo: Usos y comercialización_____ 301
María Rosa Simón, Silvina Golik, Guillermo Sebastián Gerard

Capítulo 20

Sorgo: Objetivos del mejoramiento genético_____ 316

María Rosa Simón, Guillermo Gerard

Capítulo 21

Arroz: Importancia, origen, sistemática, morfología y composición química_____ 330

Alfonso Vidal

Capítulo 22

Arroz: Crecimiento y desarrollo_____ 341

Alfonso Vidal

Capítulo 23

Arroz: Época y densidad de siembra_____ 352

Alfonso Vidal

Capítulo 24

Arroz: Fertilización y rotaciones_____ 356

Rodolfo Bezus

Capítulo 25

Arroz: Manejo de enfermedades_____ 364

Alfonso Vidal, María Constanza Fleitas

Capítulo 26

Arroz: Manejo de plagas_____ 373

Alfonso Vidal

Capítulo 27

Arroz: Manejo de malezas_____ 380

Rodolfo Bezus

Capítulo 28

Arroz: Zonas de cultivo_____ 392

Alfonso Vidal

Capítulo 29

Arroz: Usos y comercialización_____ 397

Alfonso Vidal

Capítulo 30

Arroz: Objetivos del mejoramiento genético_____405

Alfonso Vidal

Capítulo 31

Análisis comparativo de aspectos morfológicos, fenológicos
y de manejo en los cultivos de maíz, sorgo y arroz_____408

María Rosa Simón, María Constanza Fleitas

Los autores_____427

CAPÍTULO 31

Análisis comparativo de aspectos morfológicos, fenológicos y de manejo en los cultivos de maíz, sorgo y arroz

María Rosa Simón y María Constanza Fleitas

El presente capítulo tiene por objetivo integrar aspectos desarrollados de manera más profunda en otros capítulos, como algunas características destacables en la morfología y fenología del cultivo de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y arroz (*Oryza sativa* L.); así como también aspectos relacionados a plagas insectiles, enfermedades, malezas, manejo, características del grano y principales usos.

Ecofisiología del cultivo de maíz, sorgo y arroz

Dinámica de diferenciación y expansión foliar

Las características de crecimiento determinado y desarrollo del maíz, del sorgo y del arroz se reflejan en la dinámica de generación de primordios de hojas y su expansión. En los tres cultivos se producen una enorme cantidad de procesos que se observan a simple vista (cambios externos) y otros que son solamente visibles a través de la disección de las plantas (cambios internos). Los cambios externos reflejan procesos que han ocurrido previamente en el ápice de crecimiento y que determinarán el número de hojas que tendrá la planta y, asimismo, la duración del ciclo del cultivo. La iniciación floral en los tres cultivos consiste en el pasaje de estado vegetativo a reproductivo del meristema apical y ocurre cuando finaliza la generación de primordios foliares y comienza la generación de espiguillas.

El maíz los primordios foliares se diferencian hasta la iniciación floral masculina, que ocurre cuando el vástago principal cuenta con alrededor de seis hojas expandidas (la coincidencia entre el número de hojas expandidas y la iniciación floral no es estricta, y depende de varios factores, entre ellos las características de longitud del ciclo del genotipo y la época de siembra). Durante esta etapa se diferencian primordios foliares en el meristema apical con un plastocrono de aproximadamente $20^{\circ}\text{C día.hoja}^{-1}$ sobre una temperatura base

de 8 °C. La diferenciación de hojas continua hasta que el ápice cambia de estado vegetativo a reproductivo y cesa la formación de primordios foliares para dar origen a espiguillas de la panoja (que son estaminadas). Con posterioridad a la iniciación de la panoja, comienzan a diferenciarse primordios florales en la yema axilar que originará la espiga (espiguillas con órganos femeninos), que sucede cuando el cultivo tiene siete a nueve hojas expandidas (Lejeune & Bernier, 1996). Por otra parte, en el maíz la expansión de las hojas ocurren a un ritmo de alrededor de 38-45 °C día.hoja⁻¹ sobre temperatura base de 8 °C (filocrono en maíz) (Cárcova *et al.*, 2003). La elongación de los entrenudos en maíz (encañazón) se inicia cuando el cultivo presenta alrededor de seis hojas expandidas. Al final de la encañazón, emerge la panoja y poco después la espiga y la elongación de los entrenudos continúa hasta la aparición de los estigmas, momento en que la planta alcanza su máxima altura.

El sorgo y el arroz presentan similitudes con el maíz en varios de estos aspectos, aunque existe una diferencia notoria: la inflorescencia apical de sorgo y arroz es la panoja y constituyen el órgano de cosecha en ambas especies. No obstante, existen elementos en común en cuanto a la generación y dinámica de expansión de hojas en los tres cultivos.

En el cultivo de sorgo, los primordios foliares se diferencian hasta la iniciación floral, que ocurre cuando el vástago principal cuenta con cuatro a seis hojas expandidas. Al igual que en maíz, la coincidencia entre el número de hojas expandidas y la iniciación floral no es estricta, y depende de varios factores. Durante dicha etapa se desarrollarán en la panoja tanto órganos femeninos como masculinos. Los primordios foliares de sorgo se diferencian a valores de alrededor de 21°C día.hoja⁻¹ sobre una temperatura base de 11 °C (Gambín & Batlla, 2012). La iniciación floral del sorgo se puede determinar realizando disecciones en el tallo principal aproximadamente a un centímetro por debajo del suelo, donde se observan pequeñas ramificaciones de la futura panoja. A partir de ese momento, al encontrarse formados todos los primordios del vástago principal, solo resta la expansión de esas hojas, que tendrá lugar en el transcurso del macollaje y la encañazón; a un ritmo expresado en unidades de alrededor de 41°C día.hoja⁻¹ sobre una temperatura base de 11°C (Gambín & Batlla, 2012). La expansión completa de la última hoja en formarse (hoja bandera, HB) permitirá la emergencia del órgano de cosecha, es decir la panoja. La encañazón en sorgo consiste en la elongación de los entrenudos. Este proceso comienza en el vástago principal al finalizar el macollaje, coincidiendo con el estado de siete a diez hojas y con la aparición del primer nudo aéreo. La encañazón se extiende hasta la aparición de la panoja, momento en el cual la planta alcanza su altura máxima.

Al igual que en sorgo y maíz, el crecimiento determinado del cultivo de arroz hace que la planta diferencie hojas hasta la etapa reproductiva, momento en que se inicia la diferenciación del primordio floral. Dicho estado ocurre aproximadamente cuatro semanas antes de la floración y coincide con la formación del segundo o tercer entrenudo. Itoh *et al.* (2005) expresaron que la planta de arroz produce diez o más hojas antes de pasar a la fase reproductiva. No obstante, el número de hojas no es estricto y varía entre cultivares al igual que en maíz y sorgo. Adicionalmente, la diferenciación del primordio debe

determinarse empíricamente mediante un corte de la base del tallo, donde se observa un primordio de unos 2 mm de longitud de color blanquecino de aspecto algodonoso. Se puede predecir la aparición del primordio de manera estimativa conociendo la fecha de siembra pero, la forma más correcta de hacerlo es arrancar diez plantas representativas del lote y cortarlas longitudinalmente. Si tres de las diez (30 %) presentan el primordio entonces el lote está en la fase. En la panoja se diferenciarán como en el caso de sorgo, tanto órganos femeninos como masculinos.

Diferenciación de espiguillas en los órganos de cosecha

En tanto que la espiga constituye el órgano de cosecha de maíz (ya que esta inflorescencia porta los ovarios que al fecundarse formarán los granos) el órgano de cosecha en sorgo y arroz es la panoja. En cuanto a la iniciación de espiguillas por espiga es importante destacar que la distinta posición de la espiga en maíz (lateral o axilar) con respecto a la panoja en sorgo y arroz (apical) determina características que diferencian al cultivo de maíz del sorgo y del arroz.

El maíz, al presentar la espiga una posición lateral, la diferenciación de las yemas axilares que darán origen a las espigas tiene lugar luego de la diferenciación del meristema apical, cuando ya las plantas presentan alrededor de siete a nueve hojas (como se indicó anteriormente). Dicho momento constituye el pasaje a estado reproductivo de las yemas axilares. La diferenciación de las espiguillas de la espiga (axilar) posteriormente a las espiguillas de la panoja (apical) puede asociarse con la fuerte dominancia apical que se da en el maíz. Se debe notar que, a diferencia del sorgo y del arroz, las espiguillas de la espiga de maíz poseen únicamente flores femeninas, pistiladas. Al igual que para el meristema apical en el sorgo y el arroz o para la panoja en maíz, una vez que la yema axilar es inducida a diferenciar órganos florales, cesa la diferenciación de estructuras vegetativas (que en este caso son las chalas), comenzando la formación de espiguillas con flores pistiladas. Dentro de cada yema axilar que ha entrado en su fase reproductiva, queda determinado tempranamente el número de hileras de espiguillas de la futura espiga. En la espiga de maíz, que posee forma cilíndrica, las primeras espiguillas en formarse son las basales (a diferencia del sorgo y del arroz en donde las primeras espiguillas en diferenciarse son las apicales), y luego se diferenciarán espiguillas acrópetamente a lo largo de cada una de las hileras. La finalización de la diferenciación de espiguillas por espiga en maíz (que es en definitiva el momento en el cual se define el número potencial de granos por planta) ocurre cuando comienza la elongación de los estigmas del tercio inferior de la espiga, y coincide con cambios en la morfología del domo apical que pierde su aspecto redondeado (Otegui, 1997).

En el sorgo, las espiguillas de la panoja se diferencian durante un periodo que abarca desde iniciación floral (cuando existen en el vástago principal alrededor de cuatro a seis hojas) hasta unos veinte días previos a la antesis y coincide con la aparición de la HB, es decir, la última hoja. En el sorgo la diferenciación de primordios de espiguillas varía con la

posición que ocupa en la panoja, siendo las espiguillas apicales de cada ramificación las primeras en diferenciar y por último las basales y dentro de la panoja comienzan a diferenciar primero las ramificaciones superiores (floración en sentido basípeto).

Finalmente, en arroz hay un paso gradual entre estadios vegetativos y reproductivos, es difícil diferenciar estadios precisos y la diferenciación de espiguillas se produce desde el ápice de la panoja hacia la base (Itoh, 2005). Tanto en sorgo como en arroz, la diferenciación de espiguillas por panoja finaliza en el estado de espiguilla terminal.

Estructura floral y antesis

La antesis, polinización y fecundación en los cultivos de maíz con respecto a sorgo y arroz presentan diferencias muy notorias. En tanto que el arroz y el sorgo son especies monoclina monoicas, es decir, sus flores son hermafroditas y se autofecundan; en el maíz existe alogamia y al ser una especie diclino monoica la sincronía entre la maduración de la panoja (inflorescencia masculina) y la espiga (inflorescencia femenina) puede tener gran impacto en el rendimiento. No obstante el sorgo puede presentar entre un 5 a 15% de alogamia dependiendo del genotipo, dirección del viento y humedad del ambiente (House, 1985). Por otro lado, en el arroz ese porcentaje de alogamia es inferior.

Tanto en sorgo como en arroz, a partir de panojamiento, es decir una vez completada la emergencia de la panoja (luego de haberse expandido de forma completa todas las hojas diferenciadas incluyendo la HB), el cultivo se aproxima al periodo de floración o antesis. También en el caso de maíz se produce en ese momento la antesis de la panoja.

En sorgo las espiguillas se presentan apareadas, una espiguilla pedicelada y una sécil, salvo la parte terminal de las ramificaciones donde hay dos espiguillas pediceladas y una sécil. Dentro de las espiguillas pediceladas hay dos flores, una de las cuales aborta y la otra es estaminada o estéril, en tanto que dentro de la espiguilla sécil hay dos flores una aborta y la otra es hermafrodita. El momento de floración o antesis en sorgo puede ser identificado por la visualización de las anteras y del par de estigmas vellosos por fuera de las glumas que forman las espiguillas. Como se mencionó anteriormente, las flores fértiles del sorgo son hermafroditas, presentan autopolinización, y proyectan sus estambres y estigmas al exterior una vez que ha ocurrido la antesis. Por lo tanto, la aparición de las anteras y estigmas por fuera de las espiguillas indica que la flor ya ha sido fecundada (teniendo en cuenta que la fertilización se produce cuando la flor está cerrada). Adicionalmente, la floración en el cultivo de sorgo progresa en sentido basípeto dentro de cada ramificación, es decir, desde el ápice hacia la base de la panoja.

Por otra parte, las espiguillas de arroz se presentaban ancestralmente de a tres, luego las dos laterales abortaron y quedaron reducidas a lemmas estériles de longitud variable quedando solo la espiguilla central. Las espiguillas son unifloras, a diferencia de lo que sucede en maíz y sorgo. La flor consta de seis estambres y un pistilo. Los estambres se componen de anteras bicelulares, nacidas sobre filamentos delgados, mientras que el pistilo está formado

por el ovario, el estilo y un estigma bífido y plumoso. Las espiguillas de arroz son hermafroditas, presentan autopolinización en un elevado porcentaje y proyectan sus estambres y estigmas al exterior una vez que ha ocurrido la antesis. Por lo tanto, al igual que en sorgo, la aparición de las anteras por fuera de las espiguillas indica que la flor ya ha sido fecundada. Al igual que en la panoja de sorgo, la floración del arroz se inicia en las ramificaciones superiores y progresa hacia la base de la panoja. Asimismo, dentro de cada ramificación, la floración se inicia en las espiguillas apicales y progresa hacia la base de la misma.

En el caso de maíz, las espiguillas se presentan de a pares formando hileras. En el caso de la panoja, una de las espiguillas es pedicelada y la otra sésil y poseen dos flores fértiles cada una, estaminadas. En el caso de la espiga, ambas espiguillas son sésiles y en ambas la flor inferior aborta, en tanto que la superior es pistilada, por esta razón se producen hileras pares de granos. Por otra parte, en el maíz, la antesis ocurre luego de la emergencia total de la panoja. La antesis en maíz puede definirse como la aparición de las anteras de las flores en las espiguillas de la panoja y el comienzo de la liberación del polen. La antesis en la panoja de maíz comienza en el eje principal y finaliza en las ramificaciones de esta inflorescencia. La maduración progresiva en el desarrollo floral de la panoja resulta en un periodo de varios días de liberación de polen, aunque cada flor individual libera polen, generalmente, sólo por un día. La floración femenina en maíz, por su parte, consiste en la emergencia de los estigmas fuera de la envoltura de las chalas. La emergencia de los estigmas es también un proceso progresivo. Los estigmas de una espiga toman de cuatro a ocho días en emerger, en una secuencia que sigue el patrón general de diferenciación y desarrollo de la inflorescencia (acrópeto). La longitud del periodo de crecimiento de los estigmas (comúnmente denominadas "barbas" del choclo) fuera de las chalas, depende de si las flores femeninas alcanzan o no la fecundación: los estigmas de las flores que son fecundadas cesan su crecimiento inmediatamente, mientras que los de las no fecundadas continúan creciendo hasta quince días después de su aparición.

Por otra parte, luego de su emergencia a través de las chalas, los estigmas presentan un período limitado en el cual son receptivos, y dicha receptividad decae en el tiempo y se torna nula a los catorce días de su emergencia. La polinización ocurre cuando el polen proveniente de las flores estaminadas de la panoja se adhiere a los estigmas de las flores pistiladas de la espiga. Dado que tanto la liberación de polen como la receptividad de los estigmas son limitadas, cuanto mayor sea la sincronía floral en el desarrollo de la panoja y la espiga, mayor será la posibilidad de fecundación en condiciones de campo. Si no existen restricciones ambientales, en los híbridos modernos la aparición de estigmas ocurre en general poco después (medio día a tres días) del comienzo de la antesis (protandria). El número de ovarios fecundados en un cultivo queda determinado al finalizar la liberación de polen.

Llenado de los granos

El periodo de llenado de granos ocurre en los tres cultivos desde la fecundación hasta la madurez fisiológica, momento en el cual los granos alcanzan su peso seco máximo. El llenado de los granos se inicia en la base de la espiga de maíz y continúa hacia la zona superior de la misma (sentido acrópeto) (Fig. 31.1A). Contrariamente, en sorgo y arroz, la iniciación del llenado de grano ocurre primero en las ramificaciones superiores de la panoja y continúa hacia la base de la misma (sentido basípeto). Asimismo, en una misma ramificación, el llenado se inicia en los granos superiores y continúa hacia los inferiores (Fig. 31.1B).



Figura 31.1. **A.** Sentido acrópeto de iniciación de floración y llenado de granos en la espiga de maíz. **B.** Sentido basípeto en la panoja de sorgo y arroz

Cuando los tres cultivos se encuentran en floración, se inicia el crecimiento de los granos, que continúa hasta la madurez fisiológica. Tanto en maíz como en sorgo, el período de llenado de los granos transcurre desde el momento de la fecundación hasta la formación de una capa de abscisión en la base de los mismos, denominada “capa negra”. Esta capa resulta de la necrosis de los haces vasculares que conectan al grano con los tejidos maternos.

En los tres cultivos, el llenado de granos puede dividirse en tres etapas, en base a la tasa de acumulación de materia seca y otras características particulares.

En una primera instancia ocurre el denominado “cuaje” de los granos. Esta fase presenta una muy baja tasa de llenado, y tiene lugar una activa división celular que da lugar a la formación de células endospermáticas. Se entiende por cuaje al proceso por el cual las flores fertilizadas alcanzan el grado de desarrollo suficiente como para evitar el aborto y dar lugar al crecimiento del grano formado. En esta primera etapa, en las tres especies todavía se está definiendo el número de granos que logrará el cultivo, y es por eso que el periodo de cuaje forma parte del período crítico de los tres cultivos. Mientras que en sorgo y arroz el número de ovarios fecundados queda establecido en el momento de la emergencia de las anteras en las panojas, luego de la autopolinización, en maíz el número de ovarios fecundados en un cultivo queda determinado al finalizar la liberación de polen de la panoja y la polinización cruzada. No obstante, en maíz la disminución del número de granos por planta durante el periodo de cuaje (lo que comúnmente se conoce como “aborto”) tiene más importancia que

en sorgo y arroz. En estos dos cultivos, aquellas flores que han sido fecundadas generalmente llegan a producir grano. El período de cuaje de los tres cultivos, se extiende entre 10 y 20 días después de floración. El número de granos.planta⁻¹, principal determinante del rendimiento en grano por planta, queda establecido en ese momento.

En una segunda instancia, se inicia la etapa de aumento o llenado efectivo de los granos o fase de crecimiento lineal. Esta fase muestra la máxima tasa de acumulación de materia seca y suele representar más de la mitad del período total de llenado.

Finalmente, ocurre la etapa final denominada de crecimiento no lineal. En dicha etapa, la acumulación de materia seca de los granos es decreciente (cada día los granos crecen sosteniblemente menos de lo que habían crecido en días anteriores). Este proceso finaliza con la madurez fisiológica donde los granos ya no acumularán más biomasa. Es decir, luego de madurez fisiológica el peso del grano permanecerá estable. Este último periodo se caracteriza por una activa pérdida de humedad del grano. Como se mencionó anteriormente para maíz y sorgo, a la semana de completado el llenado se visualiza la formación de la “capa negra”. Dicha capa pone en evidencia la madurez fisiológica del grano y queda determinado el peso final y el rendimiento del cultivo. Por otra parte, si bien en arroz no hay aspectos visuales en el grano que permitan identificar la madurez fisiológica, el amarillamiento del pedúnculo y secado de la hoja bandera es un indicio de la misma.

Mecanismos de compensación: macollaje, ramificaciones y prolificidad

Los tres cultivos presentan yemas en las axilas de las hojas. En el sorgo y en el arroz, muchas de esas yemas axilares pueden dar lugar a macollos, mientras que en maíz, el macollaje se da en casos excepcionales. Los macollos son vástagos secundarios con exactamente la misma estructura general que los principales, de los que se originan. Estos vástagos aparecen de las uniones entre la lámina foliar y el tallo, por dentro de las vainas foliares que recubren al mismo.

En el maíz, las yemas correspondientes a las cuatro a cinco hojas basales, cuyos entrenudos nunca se elongan, permanecen en estado vegetativo y pueden dar lugar a ramificaciones (macollos), según el genotipo, el ambiente y la densidad de siembra, aunque esto ocurre con muy poca frecuencia. Las yemas ubicadas en las axilas de las hojas tienen la capacidad de diferenciar espiguillas. Sin embargo si bien cada planta pudo haber llegado a diferenciar espiguillas en seis o siete yemas axilares, sólo una o dos espigas, excepcionalmente tres por planta darán granos. El número de espigas por planta (prolificidad) depende del genotipo y del ambiente (disponibilidad de recursos por planta), siendo particularmente importantes en su determinación las condiciones durante la floración y las últimas dos semanas previas a la misma. Las hojas ubicadas por encima de la espiga superior, no presenta yemas axilares visibles.

En sorgo, al igual que en arroz, el período de macollaje se inicia a partir de la cuarta hoja. No obstante, si bien el sorgo posee una mayor capacidad de macollaje que el maíz, en

aquellas producciones cuyo destino es la comercialización de grano una alta producción de macollos genera inconvenientes. Esto se debe a que los macollos secundarios florecen después que el tallo principal lo que favorece el ataque de plagas y enfermedades pero además los granos demoran más en alcanzar la humedad de cosecha lo que ocasiona dificultades en la trilla. Sin embargo un macollaje moderado es adecuado en este cultivo.

Por otro lado, el macollaje en arroz se inicia a partir de cuarta hoja. Este aparecerá desde la axila de la hoja más vieja de la planta. A partir de la aparición del primer macollo, continuará la sucesiva aparición de los otros macollos, a una tasa de un macollo aparecido por hoja aparecida. Si bien plantas aisladas pueden producir entre ocho y veinticinco macollos, en condiciones de campo, la mayoría sólo produce entre uno y tres macollos según el genotipo y la densidad. Cuando culmina la mortandad de macollos, justo antes de la floración, se define el número de panojas.m². Con altas densidades de siembra se forman aproximadamente dos macollos fértiles por planta es decir que, a la cosecha se tendrían unas quinientas panojas.m². La interacción entre las dinámicas de generación y degeneración de macollos es fundamental para la determinación del rendimiento de los cultivos de arroz.

Características del grano y composición química de maíz, sorgo y arroz

La estructura del grano del maíz, del sorgo y del arroz no difiere notoriamente en su constitución, dado que los tres cultivos son cariopses que contienen el pericarpio (desarrollo de las paredes del ovario) y la semilla con los tegumentos seminales, el endosperma y el embrión. El grano de maíz, sorgo y arroz, como la mayoría de los cereales está constituido básicamente por carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y polifenoles. Todos ellos en porcentajes variables como consecuencia de factores genéticos, los que desempeñan una gran función a la hora de determinar la composición del grano y de factores ambientales los que también modifican esta composición.

Existen pequeñas variantes en cuanto a la reserva nutritiva de estos granos. Así, por ejemplo, si bien el almidón es el componente mayoritario del grano en los tres cultivos, el contenido de almidón es levemente mayor en el grano de arroz; la proteína es levemente mayor en sorgo, aunque el de lípidos es mayor en maíz lo que hace que el aceite sea un producto importante en dicho cultivo. La calidad nutricional de las proteínas de arroz supera a la del trigo (*Triticum aestivum* L.) y maíz y es sólo inferior a la avena (*Avena sativa* L.). Según Tang *et al.* (2003) las proteínas del arroz son hipoalergénicas y poseen propiedades, por lo que el arroz es considerado un alimento funcional. Con respecto al sorgo, algunos cultivares presentan taninos condensados (catequinas, flavonoides y leucoantocianinas) en el grano. Estos afectan su valor nutritivo, pues fijan las proteínas del grano e inhiben la acción de la amilasa bajando la digestibilidad de los granos y la eficiencia alimentaria.

Época y densidad de siembra de maíz, sorgo y arroz

El objetivo de elección de la fecha de siembra es ubicar el periodo crítico (PC) del cultivo, en este caso arroz, maíz o sorgo, en un momento del año con escaso déficit hídrico y alta radiación. La ocurrencia de elevadas temperaturas o déficit hídrico en el PC reduce drásticamente el rendimiento. Por otro lado, tanto el arroz como el maíz o el sorgo, son cultivos estivales los cuales requieren temperaturas en el suelo elevadas en comparación a otros cultivos sembrados en la misma época. Cada cultivo posee una temperatura óptima de siembra y una mínima, la cual por debajo de la misma se recomienda no sembrar.

Por un lado, siembras con temperaturas bajas causan una emergencia desuniforme y bajo stand de plantas. Es importante destacar que la densidad de siembra y uniformidad en maíz presenta mayor importancia que en cultivos de arroz y sorgo, dado que estos últimos pueden compensar con mayor o menor emisión de macollos. Además, suelos de textura fina y/o bajo siembra directa son propensos a tener menores temperaturas al momento de la siembra. Por otro lado, elegir una correcta densidad de siembra, permite alcanzar el índice de área foliar (IAF) crítico durante el PC de cada cultivo y así maximizar la captación de luz. Asimismo, la densidad de siembra incide directamente en el número de panojas.m⁻² en arroz y sorgo o de espigas en maíz, un importante componente de rendimiento.

En el caso del maíz, la época de siembra más adecuada en la zona núcleo, es la segunda quincena de Septiembre, aunque en la actualidad hay un alto porcentaje de siembras de Diciembre. En general en las distintas regiones se extiende entre Agosto y Diciembre. El maíz requiere temperaturas de germinación de alrededor de 10 °C, por lo que se debe esperar a que se registren dichas temperaturas para iniciar la siembra. La densidad de siembra varía entre 50 mil y 85 mil plantas.ha⁻¹ según regiones y factores culturales y un atraso en la misma determina que deba disminuirse.

En cuanto a las fechas de siembra del cultivo de sorgo, lo más adecuado es tomar como referencia la temperatura del suelo. El sorgo es un cultivo tropical que requiere temperaturas más elevadas en el suelo que arroz y maíz para germinar. En general se toma como regla una temperatura no menor a 15°C a 5 cm de la superficie del suelo durante al menos tres días. Aunque tradicionalmente se utilizaban 18°C, muchos de los híbridos actuales pueden germinar adecuadamente a temperaturas más bajas, ya que las mínimas se encuentran en 10 a 11°C. Siembras con temperaturas bajas causan generalmente una emergencia desuniforme y disminuyen el stand de plantas. La densidad de siembra varía según el ambiente entre 150 a 250 mil plantas.ha⁻¹ logradas para sorgos graníferos o sileros y entre 350 mil a 600 mil plantas.ha⁻¹ para sorgos forrajeros. Las elevadas densidades en estos últimos genera una mayor proporción de hojas, en detrimento de la producción de tallos de manera que la biomasa aprovechada es mayor.

La época de siembra de arroz se determina en función del cultivar y la zona de producción. Temperaturas de 18 a 25 °C son las más favorables para la germinación y emergencia. Temperaturas menores de 10 a 12 °C reducen la posibilidad de supervivencia de la planta. Así por ejemplo, la época de siembra para la zona norte (Corrientes, Chaco, Formosa, Santa Fe,

Misiones) se extiende desde fines de Agosto a mediados de Diciembre, a medida que nos trasladamos hacia el sur la época va desde mediados de Octubre a mediados de Noviembre. La densidad de siembra para arroz varía entre 200 y 300 plantas.m⁻², dependiendo del ciclo del cultivar, época de siembra y otros factores culturales. A medida que se adelanta la época de siembra, con bajas temperaturas de suelo, se requiere una mayor densidad de siembra para compensar los problemas de implantación. Contrariamente, siembras tardías requieren una menor densidad dado que las condiciones de implantación son más favorables. Para una variedad dada y si se pretende obtener una densidad de 250 plantas.m⁻² a la cantidad de semilla debe agregarse un porcentaje extra según sea el sistema de siembra. No obstante, ese aumento para compensar las pérdidas por implantación debe estar en función del cultivar dado que la respuesta al aumento de la densidad depende del cultivar (alta o baja aptitud de macollaje).

Malezas de maíz, sorgo y arroz

Entre las principales malezas de maíz y sorgo se encuentran las típicas malezas anuales gramíneas y latifoliadas y perennes mencionadas en la Tabla 31.1. En tanto que las malezas de mayor importancia para ambos cultivos son las gramíneas ya sean anuales o perennes; las malezas latifoliadas tienen menor importancia por la mayor posibilidad de control. Por otro lado, las comunidades de malezas presentes en el cultivo de arroz son más variadas que en cultivo de maíz y sorgo, ya que además de la zona de producción, depende del sistema de conducción del cultivo. Se pueden encontrar desde algas (uni o pluricelulares) hasta plantas acuáticas (flotantes libres o arraigadas), plantas palustres emergentes y plantas terrestres. Si bien el número de malezas asociadas al cultivo es alto, sólo unas pocas especies son muy agresivas y ocasionan pérdidas significativas de rendimiento. Al igual que en sorgo y maíz, las malezas de mayor importancia para el cultivo son las gramíneas ya sean anuales o perennes; las malezas latifoliadas tienen menor importancia por la posibilidad de control.

Con respecto al control químico de malezas, los herbicidas utilizados en general pueden ser aplicados en los mismos momentos que en otros cultivos aunque deben tomarse algunas precauciones especiales que definen su eficacia y reducen el impacto ambiental. En el cultivo de arroz para el control de malezas en presiembra se utilizan por lo general herbicidas no selectivos como el glifosato y algunas imidazolinonas (en caso de sembrar cultivares resistentes a este grupo de herbicidas). Dentro de los herbicidas de preemergencia se utilizan productos con mayor residualidad como el clomazone, pendimetalín, oxifluorfen y penoxulan, teniendo cada uno un espectro diferente de control. Al igual que en el caso anterior, si se siembran cultivares resistentes se pueden utilizar herbicidas del grupo de las imidazolinonas. Los herbicidas de posemergencia se aplican después de la emergencia del cultivo y antes de la inundación aunque algunos herbicidas se adaptan a aplicaciones posinundación. Para el control de latifoliadas se utilizan herbicidas como el bentazón, metsulfurón y 2,4-D. Algunos como bispiribac-sodio, penoxulan, pirasulfurón y los del grupo de las imidazolinonas controlan especies gramíneas y latifoliadas. Para el control de gramíneas existen varios herbicidas siendo los más utilizados en la actualidad cihalofop-

butil, profoxdim, fenoxaprop-p-etílico, propanil y quinclorac. Para el control de ciperáceas se aplica bentazón, bispiribac-sodio, penoxulan, fenoxaprop y pirasulfurón e imidazolinonas.

Por otro lado, el control de malezas en maíz y sorgo se realiza básicamente con herbicidas de presiembra en barbecho (glifosato, hormonales, sulfonilureas), herbicidas de preemergencia y posemergencia temprana (metolacoloro, acetoclor para gramíneas y atrazina para latifoliadas), herbicidas hormonales en posemergencia (latifoliadas) y sulfonilureas como nicosulfurón, primisulfurón, halosulfurón (para malezas perennes). Existen asimismo maíces resistentes a diferentes tipos de herbicidas como aquellos resistentes a glifosato, a imidazolinonas y a glufosinato de amonio.

Tabla 1. Principales malezas del cultivo de maíz, sorgo y arroz. Adaptado de Gigón *et al.* (2012), Zorrilla (1998) y Bedmar (2008)

PRINCIPALES MALEZAS EN MAÍZ Y SORGO	PRINCIPALES MALEZAS EN ARROZ
Gramíneas anuales	Gramíneas anuales
Capín (<i>Echinochloa crusgalli</i>)	Arroz rojo (<i>Oryza sativa</i>)
Cola de zorro (<i>Setaria</i> spp.)	Capín (<i>Echinochloa crusgalli</i> y <i>E. colona</i>)
Pasto cuaresma (<i>Digitaria sanguinalis</i>)	Pata de ganso (<i>Eleusine indica</i>)
Pata de ganso (<i>Eleusine indica</i>)	Brachiaria (<i>Brachiaria platyphila</i>)
Latifoliadas anuales	Pasto cuaresma (<i>Digitaria sanguinalis</i>)
Abrojo chico (<i>Xanthium spinosum</i>)	Cola de zorro (<i>Setaria</i> spp.)
Chamico (<i>Datura ferox</i>)	Gramíneas y ciperáceas perennes
Mostacilla (<i>Rapistrum rugosum</i>)	Gramón (<i>Cynodon dactylon</i>)
Nabo (<i>Brassica campestris</i>)	Sorgo de Alepo (<i>Sorghum halepense</i>)
Quinoa (<i>Chenopodium album</i>)	<i>Paspalum distichumb</i> y <i>P. hydrophilum</i>
Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	<i>Luziola peruviana</i>
Yuyo colorado (<i>Amaranthus quitensis</i>)	<i>Leersia hexandra</i>
Especies perennes	<i>Echinochloa helodes</i>
Cebollín (<i>Cyperus esculentus</i> , <i>C. rotundus</i>)	Cebollín (<i>Cyperus esculentus</i> , <i>C. rotundus</i>)
Enredadera perenne (<i>Convolvulus arvensis</i>)	Latifoliadas
Gramón (<i>Cynodon dactylon</i>)	Camalote (<i>Alternanthera philoxeroides</i>)
Sorgo de Alepo (<i>Sorghum halepense</i>)	Yerba del bicho (<i>Polygonum punctatum</i>)
	Porotillo (<i>Aeschynomene rudis</i>)
	Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)
	Abrojo grande (<i>Xanthiumcavanillesii</i>)

Enfermedades y plagas de maíz, sorgo y arroz

Enfermedades de maíz, sorgo y arroz

En los siguientes párrafos se desarrollará un enfoque comparativo de las principales enfermedades que afectan al cultivo de arroz, maíz y sorgo, considerando los órganos o tejidos que afectan.

Enfermedades de semilla y plántula

Las enfermedades que atacan las semillas y/o plántulas, generan reducciones en el stand de plantas. El período durante el cual germina el grano y se establece la plántula es un momento delicado. En dicho periodo, las semillas en germinación o las raíces de las plántulas pueden ser atacadas por microorganismos provenientes del suelo, que permanecen en el rastrojo o que son trasladados por la misma semilla. Incluso la utilización de semillas con elevado poder germinativo pueden reducir el número de semillas germinadas o reducir el vigor de la plántula si se dan las condiciones favorables para que se desarrolle la enfermedad. Realizar la siembra con condiciones óptimas de temperatura y suelo logrará una rápida emergencia, plántulas sanas y por lo tanto un adecuado stand de plantas.

Los organismos causales de la “podredumbre de la semilla” y la “podredumbre de la plántula”, “tizón de la plántula” o “*damping-off*” en maíz y sorgo son organismos que generalmente se encuentran en el suelo; en su mayoría del género *Pythium* spp., aunque otros organismos del género *Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Aspergillus* spp., *Diplodia* ssp. y *Rhizoctonia* spp. también pueden ser responsables de esta afección. Adicionalmente en maíz puede presentarse el virus del mosaico enanizante (Maize Dwarf Mosaic Virus) transmitido por pulgones vectores como el pulgón del maíz (*Rhopalosiphum maidis*) y el pulgón de los cereales (*Mysus persicae*) que afecta estadios tempranos y ocasiona enanismo de las plantas de maíz.

Por otro lado, en arroz la “mancha castaña” (*Helminthosporium oryzae*) es una enfermedad que se transmite por semilla y puede provocar una disminución en la germinación y muerte de plántulas en menor grado. Este hongo también puede atacar tejidos como hojas, espiguillas y glumas en estadios más avanzados.

Enfermedades de la base de los tallos y raíces

Las enfermedades que afectan tallos y raíces en maíz y sorgo interfieren en los fenómenos de transporte y ocasionan en casos graves el vuelco de las plantas desde su base. La “podredumbre del pie, basal o del tallo” en sorgo es ocasionada por varios patógenos. En tanto la “podredumbre basal y de la raíz” es producida por *Fusarium veticillioides*, la “pudrición carbonosa del tallo” es ocasionada por *Macrophomina phaseolina* y *Bipolaris sorokiniana*. Otra enfermedad que afecta tallos y raíces en sorgo es el “mildiú velloso” o “*downy mildew*” ocasionado por *Peronosclerospora sorghi*.

Asimismo, en el cultivo de maíz los hongos causales de podredumbre y vuelco del tallo son: *F. graminearum*, *F. verticillioides*; *Colletotrichum graminicola*; *M. phaseolina* y *Stenocarpella maydis*. *M. phaseolina*, produce la podredumbre negra o carbonosa, llamada así por la coloración que toma la médula por la presencia de numerosos microesclerocios negros. *S. maydis* ocasiona la “podredumbre por *Diplodia*”, *F. graminearum* produce la “podredumbre por *Gibberella*”; *F. verticillioides* genera la “podredumbre por *Fusarium*” y *C. graminicola* ocasiona la “podredumbre del tallo” y también el “tizón de la hoja” cuando las plantas se acercan a la floración.

Por otro lado, en el tallo del cultivo de arroz se pueden presentar la “podredumbre del tallo” (*Sclerotium oryzae*), el “manchado de las vainas” (*Rhizoctonia oryzae*) y la “mancha lineal” (*Cercospora oryzae*) que además de hojas ataca tallos provocando coloraciones marrones.

Enfermedades de hojas

Las enfermedades foliares afectan al rendimiento a través de la reducción en la intercepción de la radiación y/o el consumo anormal de carbohidratos.

En el cultivo de maíz el “tizón de la hoja”, “quemado de la hoja” o “Helminthosporiosis”, también conocida como “tizón del norte” junto con la “roya común del maíz”, son las enfermedades foliares más destructivas del cultivo de maíz. En tanto la primera es ocasionada por *Exserohilum turcicum*, la segunda es producida por *Puccinia sorghi*. En maíz, además de la roya común se puede presentar la “roya polisorra” o “sureña” ocasionada por *Puccinia polysora* en regiones de temperaturas más elevadas. Otras enfermedades que pueden presentarse en el cultivo de maíz son la “mancha gris” o “mancha lineal” (*Cercospora zeae-maydis*); la “mancha anillada, ocular o en ojo” (*Kabatiella zeae*); la “antracnosis” (*Colletotrichum graminicola*); la “mancha blanca” (*Phaeosphaeria maydis*); la “mancha foliar por *Helminthosporium*” o “Helminthosporiosis” (*Helminthosporium carbonum*) y el “tizón amarillo de la hoja” (*Mycosphaerella zeae-maydis*). Como enfermedad foliar ocasionada por bacterias y virus en maíz se puede mencionar la bacteriosis (*Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*) y el “achaparramiento del maíz” o “*corn stunt*” producido por un virus y dos bacterias, la más usual en Argentina es *Spiroplasma kunkelli*, transmitido por el cicadélido *Dalbulus maidis* y *Exitianus obscurinervis*.

El cultivo de sorgo al igual que el maíz, también es atacado por el “tizón de la hoja”, “quemado de la hoja” o “Helminthosporiosis” y la “antracnosis”. Asimismo, el sorgo también es atacado por otras enfermedades foliares ocasionadas por hongos como la “mancha zonada, de cobre o concéntrica” (*Gloeocercospora sorghi*), la “roya” (*Puccinia purpurea*), la “mancha gris” (*Cercospora sorghi*). Además el cultivo de sorgo es afectado por dos enfermedades foliares ocasionadas por bacterias. La “lista bacteriana”, es considerada como la más común de las bacteriosis y es ocasionada por la bacteria *Pseudomonas andropogonis*. Por otro lado la estría bacteriana es ocasionada por la bacteria *Xanthomonas campestris* pv. *holcicola*.

Con respecto a las enfermedades foliares más importantes que atacan al cultivo de arroz se encuentran la “mancha lineal” (*Cercospora oryzae*) que ataca hojas y tallos, el “quemado del arroz” (*Pyricularia grisea*) que afecta todos los órganos de la planta y puede incidir

durante todo el ciclo del cultivo y la “mancha castaña” (*Helminthosporium oryzae*) que además de afectar hojas se transmite por semilla y puede ocasionar muerte de plántulas.

Enfermedades de Inflorescencias

Las espigas y panoja de maíz, y las panojas de sorgo y arroz, son afectadas por distintas enfermedades que afectan tejidos y generan un uso anormal de carbohidratos.

En tanto que la panoja del maíz puede ser afectada por el carbón de la panoja (*Sphaceloteka reiliana*) y el “crazy top”, “panoja loca” o “escoba de bruja” (*Sclerophthora macrospora*); la espiga del maíz puede ser afectada por el “carbón común o de la espiga” (*Ustilago maydis*) y la podredumbre de la espiga que es ocasionada por diversos tipos de hongos. Así, por ejemplo, la “podrición blanca o seca del maíz” es producida por el hongo *Stenocarpella maydis*; la “podredumbre por *Giberella*” es causada por *G. zeae*; la “podredumbre por *Fusarium*” es ocasionada por *F. verticillioides* y *F. subglutinans*. Otros hongos que también ocasionan podredumbre de la espiga en maíz son *Nigrospora oryzae*; *Aspergillus niger* produce podredumbres de color negro, *Aspergillus flavus* y *Penicillium* spp. podredumbres de color verdoso que pueden continuar en granos almacenados.

Por otro lado, la panoja del cultivo de sorgo puede ser afectada por el “crazy top”, el “ergot”, “rocío azucarado” o “estría roja” (*Sphacelia sorghi*), el “carbón de la panoja” (*Sporisorium reilianum*) el “carbón volador” (*Sporisorium cruentum*) y finalmente el “carbón cubierto o carbón de los granos” (*Sphacelotheca sorghi*). En el cultivo de maíz y sorgo debe destacarse la enfermedad denominada “mal de Río Cuarto”, originada por el virus MRCV. Esta virosis es transmitida por la chicharrita *Delphacodes kuscheli*.

En cuanto a las enfermedades que afectan la panoja del cultivo de arroz se encuentran la “mancha de las glumas”, ocasionada por un complejo de hongos que afectan dichos tejidos produciendo manchas y provocando esterilidad. Los más comunes son del género *Phoma* spp. y *Helminthosporium oryzae*. Más aún, la panoja de arroz también puede ser afectada por el “quemado del arroz” (*Pyricularia grisea*), la cual incide sobre el nudo de la base de la panoja luego se localiza en las ramificaciones de los granos y provoca espiguillas aisladas estériles. Finalmente, la panoja de arroz también es afectada por un desorden fisiológico denominado “pico de loro” o “straight head”.

Enfermedades de los granos

Diversos hongos, algunos de ellos saprótrofos, atacan los granos de maíz, sorgo y arroz; tanto en planta como durante el almacenamiento. Estos patógenos no sólo deterioran el grano disminuyendo su valor comercial, además algunos géneros de hongos son productores de toxinas las cuales son perjudiciales para animales y el ser humano.

Los granos de maíz pueden ser afectados por algunas especies de hongos que provocan la podredumbre de espigas y luego atacan a los granos durante el período de almacenamiento. Los agentes causales más comunes pertenecen al género *Penicillium* spp., representados por *oxalicum* y *P. viridicatum* que provocan la afección conocida como “verdín” o “moho verde”.

Otros hongos patógenos frecuentes en granos pertenecen al género *Aspergillus* spp. Los granos afectados por esta podredumbre se observan enmohecidos, de color negro o color verdoso según el patógeno involucrado (*A. niger* y *A. flavus* respectivamente). La importancia no solo radica en las pérdidas de rendimiento que ocasionan sino también porque producen micotoxinas del tipo aflatoxinas (*A. flavus* y *A. niger*) y citrinina (*P. viridicatum*).

Por otro lado, los granos de sorgo pueden ser afectados por el enmohecimiento de los granos, ocasionada por una gran variedad de especies de hongos. Los síntomas de enmohecimiento pueden ser variables y dependerán del momento de infección y del patógeno involucrado. Los agentes causales de la enfermedad son hongos pertenecientes a más de cuarenta géneros, pero sólo unos pocos infectan los tejidos de flores de sorgo durante las primeras etapas de desarrollo del grano. Estos son (en orden aproximado de importancia) *F. moniliforme*, *Curvularia lunata*, *Fusarium pallidoroseum* y *Phoma sorghina*. Las especies de hongos *F. moniliforme* y *C. lunata* son de importancia a nivel mundial. Al igual que en maíz, varios hongos causantes de enmohecimiento son productores de micotoxinas potentes que son perjudiciales para la salud. Micotoxinas tales como las fumonisinas, moniliformina, fusaproliferina, ácido fusárico, fusarinas, beauvericina y ácidos giberélicos son producidas por hongos que pertenecen a la sección Liseola del género *Fusarium* (Leslie 1999). Las fumonisinas son una familia de micotoxinas producidas por *F. moniliforme* y *F. proliferatum* que además del sorgo, estos hongos comúnmente infectan además al maíz y el arroz.

En los granos de arroz se puede observar el “manchado del grano” ocasionado por varios géneros y especies de hongos: *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Bipolaris australiensis*, *B. oryzae*, *Curvularia* spp., *Epicoccum* spp., *Fusarium* spp., *Nigrospora* spp., *Penicillium* spp., *Periconia* spp., *Phoma* spp. y *Rhizopus* spp.

Plagas de maíz, sorgo y arroz

Teniendo en cuenta los concepto de Boote *et al.* (1983) las plagas animales se pueden clasificar en categorías (si bien varios insectos pueden incluirse en más de una).

Reductores del stand

Dentro de los insectos que ocasionan una reducción del stand de plantas se encuentran los insectos de suelo, los cuales cumplen alguna parte de su ciclo en el suelo y pueden afectar tanto a la semilla como a la plántula. Así, por ejemplo para los insectos que afectan la semilla antes o durante la germinación de maíz y sorgo se encuentran los gusanos blancos (*Diloboderus abderus*, *Lyogenis* spp. y *Bothinus* spp.); los gusanos alambre (*Conoderus* spp. y *Agriotes* spp.) y mosca de la semilla (*Delia platura*). Por otra parte, los insectos que atacan las plántulas cortándolas desde la base se encuentran el gusano grasiento, áspero o pardo (*Agrotis* spp. y *Porosagrotis* spp.); la hormiga negra (*Acromyrmex lundii*); la hormiga de color rojo sanguíneo (*Acromyrmex striatus*); la hormiga de color ferruginoso oscuro a negro

(*Acromyrmex lobicornis*) y finalmente, el grillo subterráneo (*Anurogryllus muticus*).

Particularmente en arroz, los insectos que atacan plántulas son el gorgojo acuático (*Oryzophagus oryzae*) y en el caso de sistemas bajo siembra directa los gusanos blancos.

Consumidores de tejidos

Dentro de los insectos consumidores de tejidos en los tres cultivos se encuentran los insectos defoliadores (consumen tejidos foliares, disminuyen el área foliar y la interceptación de la radiación) como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), también conocida como isoca militar tardía; los insectos barrenadores (consumen tejidos, produce galerías en los tallos y ocasiona eventualmente el quebrado del mismo), como el barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*) y el barrenador menor del maíz (*Elasmopalpus lignosellus*). En maíz además se encuentra el gorgojo de la corona (*Listronotus bonariensis*) y la vaquita de San Antonio (*Diabrotica speciosa*) que ataca hojas y corta los estigmas en su estado adulto, mientras que las larvas consumen tejidos de la base de tallos jóvenes y raíces. Asimismo en este cultivo se encuentran insectos desgranadores (consumen granos) como la isoca de la espiga (*Helicoverpa zea*), los gorgojos (*Sitophilus oryzae* y *S. granarius*) y la palomita de los cereales (*Sitotroga cerealella*). El cultivo de sorgo es además atacado por el astilo moteado (*Astylus atromaculatus*) y la mosquita del sorgo (*Contarinia sorghicola*). Como plaga importante en el cultivo de arroz se destaca el gorgojo acuático que ataca las raíces y hojas el estado de larva y adulto respectivamente.

Reductores de fotosíntesis y/o respiración y succionadores

Dentro de esta categoría se agrupan insectos que poseen aparato bucal picador-suctor. Los mismos pueden atacar en distintos órganos o estadios, con el agravante de que algunos poseen saliva tóxica o son transmisores de virus. El maíz es atacado por la chinche verde (*Nezara viridula*) que succiona granos lechosos y pastosos, la chinche de los cuernos (*Dichelops furcatus*); así como también por el pulgón del maíz y la chicharrita vector del mal de Río Cuarto, ambos transmisores de virus (el mosaico enanizante y el mal de Río Cuarto).

El sorgo también es afectado por la chinche verde, el pulgón del maíz y la chicharrita vectora del virus del mal de Río Cuarto, pero además lo ataca el pulgón verde *Schizaphis graminum*.

Finalmente como plagas succionadoras importantes del cultivo de arroz se pueden mencionar la chinche grande del tallo (*Tibraca limbativentris*) y la chinche chica del grano (*Oevalus poecillus*).

Principales destinos y procesamiento de maíz, sorgo y arroz

El maíz y el sorgo son mayormente utilizados para consumo animal (grano en forma directa o ensilado). El procesamiento de maíz se realiza a través de molienda seca o húmeda. La molienda seca se utiliza principalmente para maíz duro, y da como resultado

harinas (entre ellas, la denominada polenta), féculas, maíz pisado para alimentación humana (copos de maíz) y como subproductos: afrecho y germen. El “degerminado” previo a la molienda permite la extracción de aceite del embrión. El procedimiento de molienda húmeda, que es el más utilizado, se caracteriza por tener un periodo de remojo más prolongado, que posibilita separar el almidón de las proteínas. Este tipo de molienda conduce a la obtención de almidón (maicena), aceite y varios subproductos, entre ellos el “*gluten meal*” y el “*gluten feed*” y alcoholes entre ellos el etanol.

Por otro lado, los usos del sorgo son múltiples y dependen de su genética, se puede utilizar para consumo humano y para la alimentación animal; así mismo también posee propiedades como insumo para la producción de papel, adhesivos, refinamiento de minerales y elaboración de embutidos, entre otros usos industriales. El sorgo es una de las fuentes principales de alimentos del hombre en todo el mundo, principalmente en países de África y Asia. Sin embargo, en la mayoría de los países desarrollados y en algunos países de Sudamérica como en Argentina, el uso principal del sorgo radica en la alimentación animal principalmente de bovinos, así como también de porcinos y aves. Particularmente en las aves se utiliza como ingrediente del balanceado destinado a su alimentación. A diferencia del maíz, el sorgo carece de pigmentos carotenoides, los cuales aunque no tienen valor nutritivo, en el caso de las aves son importantes ya que intervienen en la coloración de la piel y yema de los huevos. Adicionalmente en el uso del grano de sorgo como alimento animal se debe tener en cuenta la presencia de taninos condensados, como ya ha sido mencionado. Dichos taninos en el grano tienen efectos detrimentales sobre el valor nutricional, ya que se ligan a las proteínas y las precipitan reduciendo de esta manera tanto la proteína total como su digestibilidad e inhibiendo la actividad de varios sistemas enzimáticos. En estos casos se requiere que el tanino sea previamente desactivado (Chessa, 2001). De la molienda seca de sorgo se obtienen sémolas y harinas, empeladas en alimentación humana. Las harinas de baja proteína se utilizan en la industria de los adhesivos, en la construcción y en los barros de perforación de pozos de petróleo. El residuo se utiliza para alimentos balanceados. De la molienda húmeda se obtiene almidón y sus derivados, con aceites comestibles y gluten como subproductos. El almidón se utiliza en productos de alimentación, adhesivos y aprestos. Además de la industria de fermentación se utiliza el grano de sorgo para bebidas, destilación y fabricación de alcohol industrial.

Por otra parte, el principal destino del arroz es para consumo humano. Solo una pequeña parte del arroz se utiliza para consumo animal, y es la que corresponde a los subproductos de la molienda. El grano entero pulido de arroz, es la forma que más se consume en nuestro país y está constituido esencialmente 92% de hidratos de carbono (fundamentalmente almidón) y el resto proteína. Desde este punto de vista es un alimento altamente energético con un bajo nivel de proteínas aunque de excelente calidad. El proceso de industrialización tradicional del arroz, involucra las actividades que transforman el arroz con cáscara en arroz blanco o pulido.

A diferencia de maíz y sorgo, en donde el grano es molido para convertirlo por ejemplo en harina, el objetivo de la molienda de arroz consiste en obtener la mayor cantidad posible de

granos enteros. Si bien en Argentina como en la gran mayoría de los países consumidores, el uso más difundido de este cereal es como grano pulido, en la actualidad ha incrementando el interés por consumir arroz integral (solamente descascarado) ya que los granos enteros son ricos en fibra, vitaminas del complejo B, minerales y antioxidantes. Además de la utilización del grano entero existen subproductos industriales como el arroz partido y el salvado de arroz, de bajo valor comercial por su escasa funcionalidad. A partir de estos productos se pueden obtener ingredientes que, presentando buenas propiedades nutricionales y funcionales, constituyan un aporte para la industria alimentaria. Es así como la industria procesa el arroz partido y la harina de arroz para la obtención de almidón quedando la proteína como subproducto no aprovechado.

Bibliografía

- Bedmar F. (2008). *Malezas en el cultivo de maíz*. En: Producción de maíz. E. Satorre (Coord.). 1^{er} Edición. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). pp. 77- 84.
- Boote K.J., Jones J.W., Mishoe J.W. & Berger R.D. (1983). *Coupling pests to crop growth simulators to predict yield reductions*. Phytopathology 73:1581-1587.
- Cárcova J., Borrás L. & Otegui M.E. (2003). *Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz*. En: Producción de granos, bases funcionales para su manejo. H.E. Satorre, R.L. Benech Arnold, G.A. Slafer, E. B. de la Fuente, D.J. Miralles, M.E. Otegui & R. Savin (Coord.). 1^{er} Edición. Editorial Facultad de Agronomía UBA. 782 pp.
- Carrasco N., Zamora M., Melin A., Bolletta A., Marinissen J., Gigón R., Forján H., Lagrange S., Campos P., Manso L. & Cicchino M. (2011). *Manual de Sorgo*. N. Carrasco, M. Zamora & A. Melin (Eds.). 1^{er} Edición. Chacra Experimental Barrow. Ediciones INTA. 96 pp.
- Chessa A. (2001). *Calidad del sorgo granífero: su valor nutritivo depende del contenido de taninos condensados, aprendamos a reconocer su presencia*. Revista Forrajes y Granos. pp 3.
- Gamarra G. (1996). Manual de producción de arroz. Uruguay. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 439 pp.
- Gambín, B. & Borrás, L. (2007). *Plasticity of sorghum kernel weight to increase assimilate availability*. Field Crops Research 100: 272-284.
- Gambín, B. & Batlla D. (2012). *Determinación del rendimiento*. En: Producción de sorgo granífero. E. Satorre (Coord.). 1^{er} Edición. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). pp. 13-18.
- Gigón R., Vigna M. & López R. (2012). *Malezas*. En: Producción de sorgo granífero. E. Satorre (Coord.). 1^{er} Edición. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). pp. 41- 44.

- House L.R. (1985). *A guide to sorghum breeding*. Patancheru Andhra Pradesh India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. pp 165.
- Itoh J.I., Nonomura K.I., Ikeda K., Yamaki S., Inukai Y., Yamagishi H., Kitano H. & Nagato Y. (2005). *Rice Plant Development: from Zygote to Spikelet*. 2005. *Plant Cell Physiology* 46: 23-47.
- Lejeune P. & Bernier G. (1996). *Effect of the environment on the early steps of ear initiation in maize (Zea mays L.)*. *Plant, Cell and Environment* 19:217-224.
- Otegui M.E. (1997). *Kernel set and flower synchrony within the ear of maize*. II Plant Population effects. *Crop Science* 37: 448- 455.
- Tang S., Hettiarachchy N. S., Horax R. & Eswaranandam S. (2003). *Physicochemical properties and functionality of rice bran protein hydrolyzate prepared from heat-stabilized defatted rice bran with the aid of enzymes*. *Journal of Food Science* 68: 152-157.
- Zorrilla H. (1998). *Malezas en el cultivo de arroz*. En: *Arroz; Cuaderno de actualización técnica N° 61*. J.M. Vallacco (Coord.). Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). pp. 62- 80.