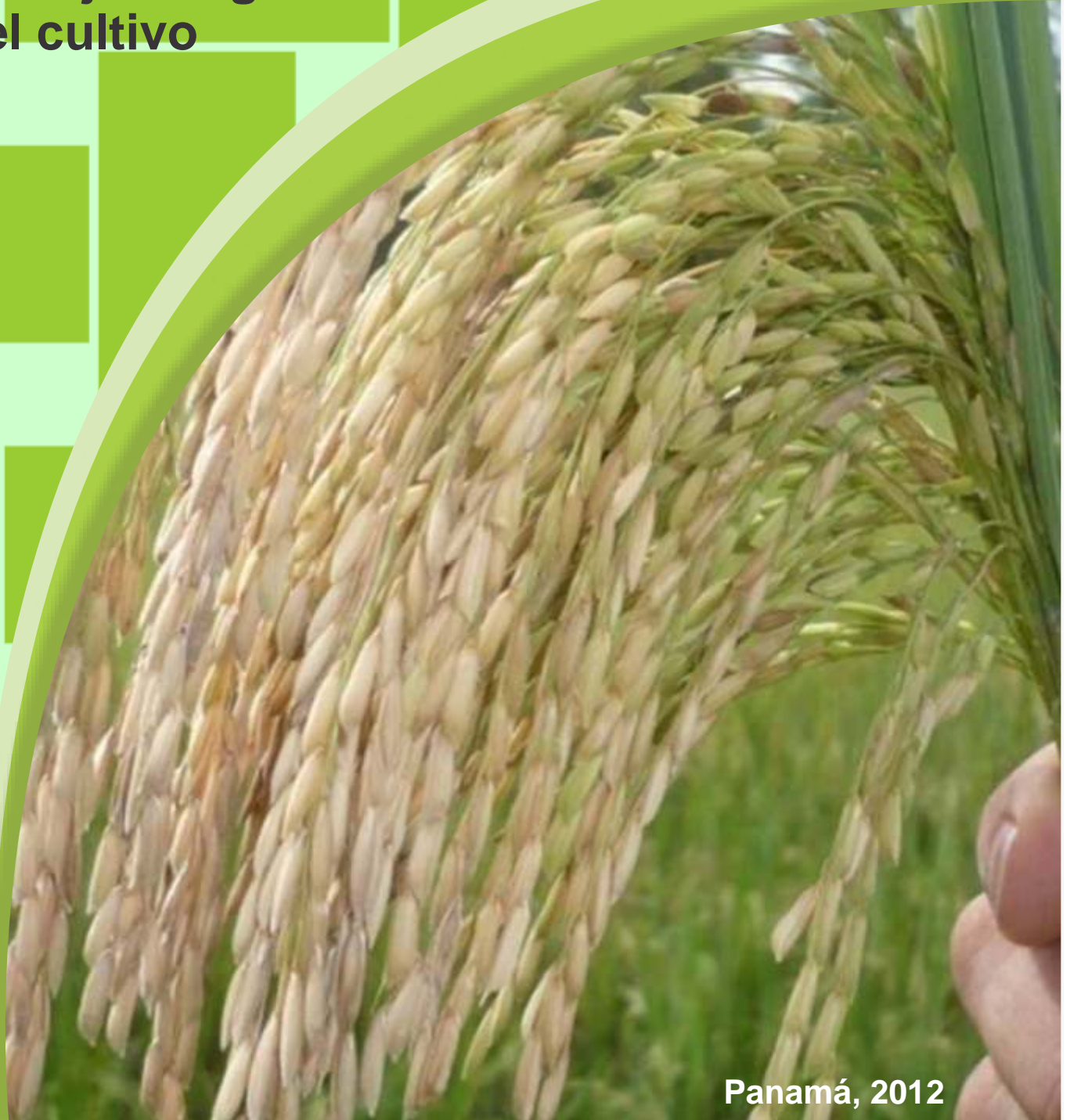




INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Fenología de la planta de arroz y su importancia en el manejo integrado del cultivo



Panamá, 2012

**Fenología de la planta de arroz
y su importancia en el
manejo integrado
del cultivo**

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
Departamento de Ediciones y Publicaciones.

Panamá, 2012

ISBN: 978-9962-677-34-5



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ

Fenología de la planta de arroz y su importancia en el manejo integrado del cultivo

**Ismael Camargo Buitrago
Evelyn Itzel Quirós McIntire
Bruno Zachrisson Salamina**

Panamá, 2012



PRESENTACIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más importantes en el mundo y es el alimento básico en la dieta de los panameños, tanto en las zonas rurales como urbanas. Se estima que el consumo per cápita anual es de 70 kg. Para satisfacer esta demanda se cultivan en el país aproximadamente 110,000 ha de arroz, 60,000 ha en el sistema mecanizado y 50,000 ha en el sistema a chuzo, con un rendimiento promedio entre 100 y 15 qq/ha, respectivamente.

Los pronósticos mundiales indican cambios climáticos en todas las zonas de producción, como consecuencia del efecto invernadero, que resulta en el calentamiento global del planeta, secuela de la actividad humana como la utilización de combustible de orígenes fósiles, la deforestación, el uso de gases refrigerantes y algunas prácticas de manejo del cultivo, las cuales han incrementado en la atmósfera la concentración de gases como el dióxido de carbono, compuestos clorofluorocarbonados, metano y óxido nitroso, provocando el calentamiento global del planeta.

En virtud de este escenario, debemos prepararnos con innovaciones tecnológicas que permitan mejorar la sostenibilidad y rentabilidad de la actividad arrocera, para garantizar, entre otras cosas, la seguridad alimentaria del país.

El manejo integrado del cultivo es una propuesta que bien aplicada ha demostrado ser eficaz y eficiente para el manejo sostenible de la actividad productiva y sobre todo, tiene la ventaja de ser amigable con el ambiente.

El conocimiento de la fenología de las variedades utilizadas es de importancia, para implementar las estrategias de manejo integral de manera oportuna; y también nos ayuda a registrar cómo las variaciones en los elementos bioclimáticos alteran las fases y etapas de las plantas de arroz, y por consiguiente, el ciclo del cultivo.

Este documento representa un primer intento de familiarizarnos con la planta de arroz, en cuanto a su crecimiento, desarrollo, requerimientos nutricionales y ambientales, en las diferentes fases y etapas, hasta completar su ciclo biológico.

Esperado que los conceptos y la información vertidos en esta publicación sean de utilidad para los actores de la cadena agroalimentaria del arroz, especialmente, para aquellos que se dedican a la producción de semilla y grano comercial.

CONTENIDO

PRESENTACIÓN

INTRODUCCIÓN.....	1
1. ELEMENTOS BIOCLIMÁTICOS.....	1
1.1 Agua.....	1
1.2 Temperatura.....	2
1.3 Luz.....	2
1.4 Humedad relativa.....	2
2. FENOLOGÍA DEL ARROZ.....	2
2.1 Concepto de fase.....	2
2.2 Concepto de etapa.....	2
2.2.1 Germinación.....	3
2.2.2 Plántula.....	4
2.2.3 Macollamiento.....	5
2.2.4 Máximo macollamiento.....	6
2.2.5 Formación del primordio floral (Diferenciación de la panícula).....	6
2.2.6 Elongación del tallo.....	7
2.2.7 Desarrollo de la panícula.....	8
2.2.8 Floración.....	9
2.2.9 Estado de grano lechoso.....	10
2.2.10 Estado de grano pastoso.....	10
2.2.11 Maduración.....	11
3. FENOLOGÍA DE LAS VARIEDADES DE ARROZ UTILIZADAS EN PANAMÁ.....	12
Metodología.....	12
Resultados.....	13
5. FENOLOGÍA DEL ARROZ Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LOS INSECTOS- PLAGAS.....	15
BIBLIOGRAFÍA.....	18

FENOLOGÍA DE LA PLANTA DE ARROZ Y SU IMPORTANCIA EN EL MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO

*Ismael Camargo Buitrago¹
Evelyn Itzel Quirós McIntire²
Bruno Zachrisson Salamina³*

INTRODUCCIÓN

La fenología agrícola se refiere a los fenómenos periódicos que presentan las plantas y su relación con las condiciones ambientales, tales como temperatura, luz, humedad, entre otras. Son las transformaciones que se producen en las plantas, en su morfología y arquitectura, con algunas variaciones dependiendo de las condiciones climáticas, para que ocurra la aparición de las hojas, floración, maduración, entre otros (Azkues 2007).

En síntesis la fenología es el estudio de la respuesta de los organismos vivos a los cambios climáticos dentro de su entorno. Los cambios estacionales incluyen las variaciones en la duración de los días o de la luz diurna, la precipitación, temperatura y otros factores que controlan la vida.

Hay que resaltar que la duración de cada estado fenológico estará claramente influenciada por la climatología y será diferente para cada variedad de arroz.

1. ELEMENTOS BIOCLIMÁTICOS

El arroz se considera como un cultivo tropical y subtropical, aunque la mayor producción a nivel mundial se concentra en los climas húmedos tropicales, también se puede cultivar en las regiones húmedas de los subtropicos y en climas templados y mediterráneos. En general, el cultivo se extiende de 49 a 50° de latitud norte a los 35° de latitud sur. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2,500 m de altitud. La precipitación condiciona el sistema y la técnica de cultivo (Franquet y Borrás 2004).

De acuerdo con Gastiozoro 2008, los elementos y factores del clima que mayor influencia ejercen sobre los vegetales son: la temperatura, número de horas luz y la precipitación. Es decir, el comportamiento de la variedad de arroz está relacionado con la interacción entre la planta y el medio (genotipo-ambiente). Existen elementos bioclimáticos que ejercen influencia sobre la germinación y crecimiento (temperatura y agua), y otros que influyen sobre el desarrollo, como la temperatura y duración del día (Gastiozoro 2008; Azkues 2007).

1.1 Agua: Es el factor determinante del rendimiento. En el caso de las plantas como el arroz, la necesidad hídrica varía en función de la edad de la planta, tamaño y época del año. Las plantas consumen menos agua cuando no tienen hojas y van intensificando el consumo hacia la floración y maduración.

Precipitación pluvial: Se utiliza para estudiar su efecto en la producción del cultivo, predecir posibles problemas de enfermedades, plagas y daños físicos en los cultivos. Para calcular balances hídricos e índices de sequía y fechas de siembra, entre otros.

¹Ph.D. Genética y Mejoramiento de Plantas. IDIAP. Centro de Investigación e Innovación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG). e-mail: camargo.ismael@gmail.com

²Ph.D. Ciencias Agrícolas. IDIAP. Centro de Investigación e Innovación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG). e-mail: evelynitzel26@gmail.com

³Ph.D. Entomología. IDIAP. Centro de Investigación e Innovación Agropecuaria Oriental (CIAOR). e-mail: bazsalam@gmail.com

1.2 Temperatura: la temperatura del aire es un elemento bioclimático que favorece o promueve el aumento de la masa vegetativa. El crecimiento de una planta se detiene cuando la temperatura del aire desciende por debajo de un cierto valor mínimo o excede un cierto valor máximo. Entre estos límites existe un rango óptimo, en el cual la tasa de crecimiento es mayor. Estos valores o umbrales son conocidos como temperaturas cardinales. Se ha demostrado que, por razones de complejidad fisiológica, no es posible una determinación precisa de las temperaturas cardinales. No obstante, los valores aproximados de las temperaturas cardinales se conocen para la mayoría de las especies vegetales.

Radiación Solar: Es importante para estimar la evapotranspiración potencial y se usa para estimarla acumulación de materia seca por cultivo.

1.3 Luz: Es un elemento fundamental en los procesos biológicos, ya que influye en el proceso de crecimiento del arroz (formación de materia seca), por su acción fotoenergética (donde actúa por su intensidad) y en el proceso de desarrollo, por su acción estimulante (donde actúa por su duración).

Intensidad lumínica: Se refiere a los umbrales lumínicos necesarios para que ocurran los procesos como la fotosíntesis. La intensidad de la luz varía, de acuerdo a la altura del sol sobre el horizonte, grado de humedad del aire, nubosidad, diafanidad y transparencia del aire.

Duración lumínica: Está determinada por el espacio de tiempo transcurrido entre la salida y la puesta del sol, incluidos los crepúsculos matutinos y vespertinos. La duración de los crepúsculos aumenta cuando aumenta la latitud.

1.4 Humedad relativa: Es una variable climática clave para el pronóstico de enfermedades de cultivos y se utiliza en combinación con otras variables para estimar la evapotranspiración.

2. FENOLOGÍA DEL ARROZ

Existen muchas clasificaciones científicas de la fenología y estados fenológicos de la planta de arroz. Debido a la necesidad, que tanto técnicos como arroceros se pongan de acuerdo, se ha optado por lo siguiente (Counce et al. 1999; 2000a y 2000b; Arévalo 2001):

2.1 El concepto de fase: se refiere a la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales (Azkues 2007); son fácilmente identificables, ya que marcan cambios fisiológicos y morfológicos.

La historia de la vida de la planta de arroz presenta tres fases importantes:

- a) Fase vegetativa: Período desde la germinación hasta el macollamiento.
- b) Fase reproductiva: Desde la iniciación del primordio de la panícula hasta la floración.
- c) Fase de maduración: A partir de la floración hasta la madurez.

2.2 El concepto de etapa: Una etapa fenológica está delimitada por cambios fisiológicos y morfológicos en el crecimiento de la planta, a cada etapa se le ha asignado un número y un nombre (Azkues, 2007). Dentro de ciertas etapas se presentan periodos críticos, que son el intervalo breve durante el cual la planta presenta la máxima sensibilidad a determinado elemento, de manera que las oscilaciones en los valores de este fenómeno se reflejan en el rendimiento del cultivo; estos periodos críticos se presentan generalmente poco antes o después de las fases, durante dos o tres semanas (Vargas 1990; Hernández 1969).

Etapas del crecimiento y desarrollo de la planta de arroz (Reissig et al. 1986; Pantoja et al. 1997)

1. Germinación
2. Plántula
3. Macollamiento y máximo macollamiento
4. Formación del primordio floral (Diferenciación de la panícula)
5. Elongación del tallo
6. Desarrollo de la panícula
7. Floración
8. Estado de grano lechoso
9. Estado de grano pastoso
10. Maduración

La figura 1 presenta de manera esquemática las diferentes fases y algunas etapas del crecimiento y desarrollo de la planta de arroz.

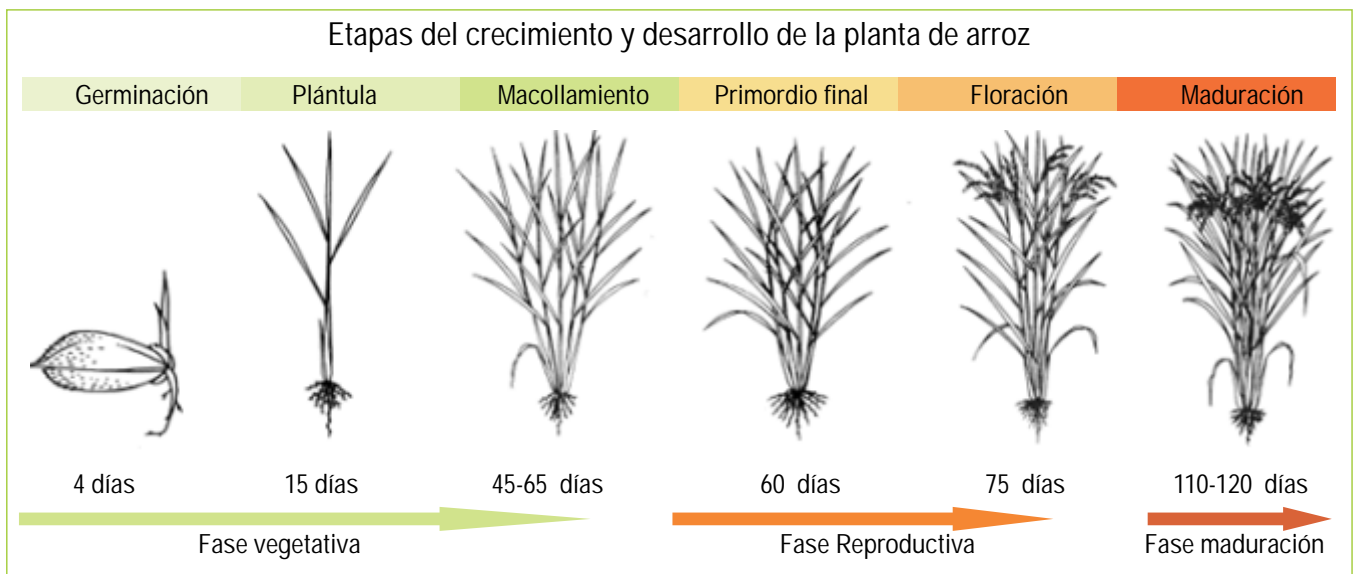


Figura 1. Esquema de las diferentes fases y etapas del crecimiento y desarrollo de la planta de arroz (Quirós Mc 2005).

A continuación, se explica los acontecimientos morfológicos y fisiológicos que ocurren en las diferentes etapas:

2.2.1 Germinación

Abarca el periodo que va desde la siembra (hinchado de la semilla) hasta la emergencia del primer tallito (coleóptilo) y la primera raicilla (coleorriza) (figura 2).

Cualidades que distinguen esta etapa:

- El primer paso para la germinación de la semilla es la absorción de agua.
- El almidón, proteínas y grasas son convertidos en alimentos simples para el embrión.
- Se remoja la semilla durante 24 horas.
- Necesita aire para germinar.
- La mejor temperatura para germinar es de 30°C.
- La semilla hidratada emerge en un periodo de dos a tres días
- La semilla seca emerge en un periodo de 5 a 10 días.



Figura 2. Germinación de las plántulas de arroz.

Prácticas de manejo recomendadas

Para fines prácticos, algunos productores consideran el arroz germinado cuando está puloso como aparece en la figura 2. En esta etapa, se debe prestar atención a insectos que pueden dañar irreversiblemente la plántula de arroz. También, hay que estar alerta por las invasiones de pájaros como los changos, patos y otros, que son atraídos por la actividad y causan una reducción en el número de plántulas germinadas por metro cuadrado. Es recomendable efectuar el abonamiento con fórmula completa al momento de la siembra o, a más tardar, siete días después de ocurrida la misma.

2.2.2 Plántula

Cubre el periodo que va desde la emergencia del coleóptilo hasta la aparición de la quinta hoja, contando como primera hoja la que emerge después del coleóptilo o sea la primera hoja sin lámina (Figura 3).

Cualidades que distinguen esta etapa:

- Al principio, la plántula depende de la reserva de la semilla.
- Entre el séptimo y octavo día, las plántulas comienzan a fotosintetizar y absorber nutrientes.
- Inicia la acumulación de materia seca.

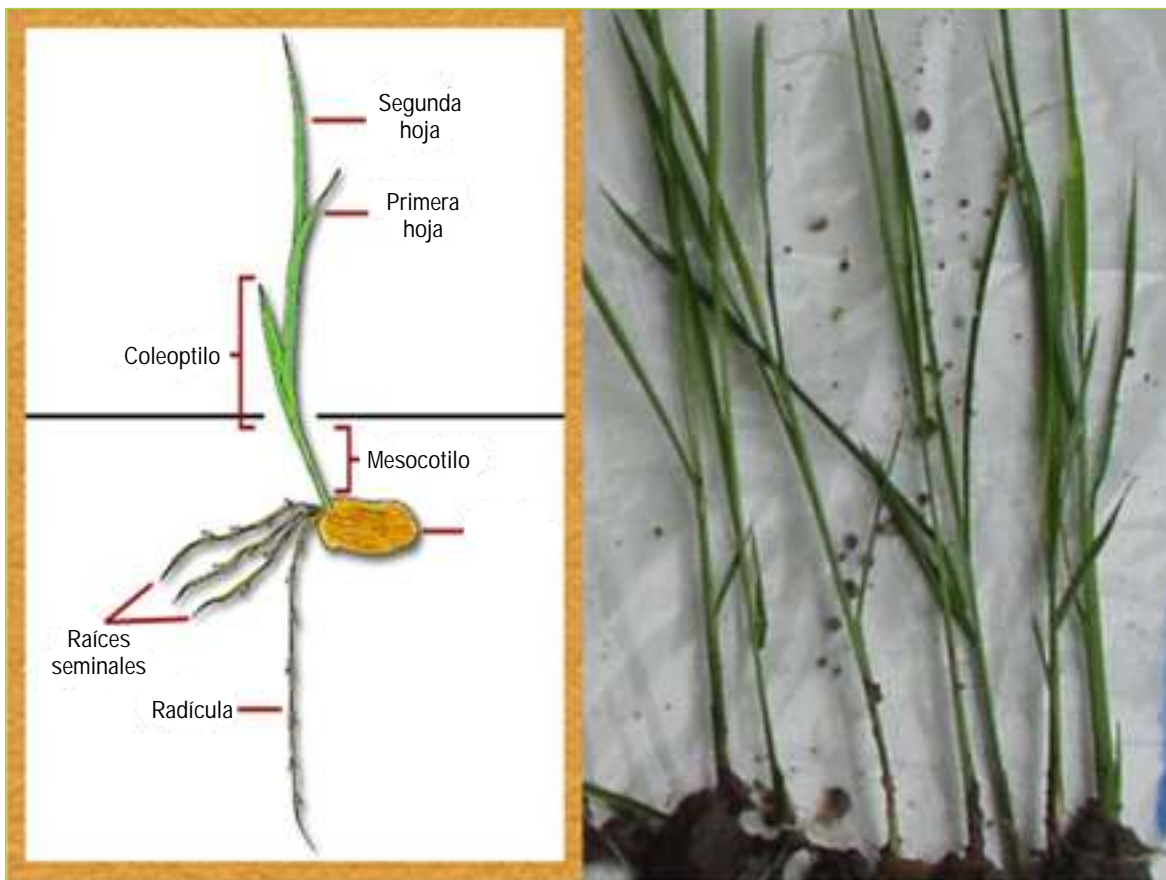


Figura 3. Esquema de las estructuras que conforman la plántula de arroz.

Prácticas de manejo recomendadas

En esta etapa fenológica se inician los tratamientos con herbicidas pre y postemergente temprano, igualmente se pueden aplicar insecticidas, si el muestreo indica su necesidad.

2.2.3 Macollamiento

El macollamiento o ahijamiento inicia con la aparición del primer hijo y se extiende hasta cuando la planta alcanza el máximo de ellos (figura 4).

Cualidades que distinguen esta etapa:

- Es la etapa más larga.
- El ahije se inicia a los 10 días después de la siembra (dds) y alcanza su máxima expresión entre 50 y 60 dds.
- Los hijos primarios se originan del tallo principal.
- De los primarios, los secundarios y de éstos, los terciarios.
- Cuando se alcanza el máximo ahije, los hijos débiles pueden morir.
- Se desarrollan más raíces adventicias.



Figura 4. Plantas de arroz mostrando el primer hijo, iniciando la etapa de macollamiento.

Prácticas de manejo recomendadas

Es importante realizar la labor de trasplante en arroz de riego, la planta tiene mayor capacidad de adaptación y crecimiento, superando con facilidad el estrés provocado por el trasplante. Durante el inicio del ahije o macollamiento es recomendable someter las plantas a un estrés hídrico, para estimular el enraizamiento y ahijamiento. Se recomienda aplicar herbicidas pos-emergentes y control de malezas de hoja ancha, así como de insectos. También, es recomendable efectuar el primer fraccionamiento de la fertilización nitrogenada.

2.2.4 Máximo macollamiento

Esta etapa tiene una estrecha relación con las características genéticas de la variedad y las prácticas de manejo agronómico empleadas en la producción (figura 5).

Cualidades que distinguen esta etapa:

- Las variedades difieren en su capacidad de ahije.
- El número de hijos por planta aumenta con la distancia entre plantas.
- En la época lluviosa se producen más hijos.
- Una adecuada aplicación de nitrógeno permite obtener un mayor número de hijos.



Figura 5. Plantas de arroz de diferentes cultivares mostrando su capacidad de macollamiento máximo.

Prácticas de manejo recomendadas

Esta etapa establece el límite para la aplicación de herbicidas, especialmente hormonales, ya que aplicados en la fase reproductiva causarían mermas considerables en la producción.

2.2.5 Formación del primordio floral (Diferenciación de la panícula)

Ocurre la diferenciación del meristemo o punto de crecimiento, con la formación del primordio de la panícula, se inicia la fase reproductiva (figura 6). Es importante en el manejo del cultivo porque representa la época de la última fertilización nitrogenada.

Cualidades que distinguen esta etapa:

- El primordio puede verse a simple vista cuando tiene 1mm de largo, su duración es de aproximadamente 11 días.
- Presenta vellosidades blancas y finas en la punta.
- Se producirán tres hojas más.
- En este momento es cuando el rendimiento se ve severamente afectado por condiciones adversas.
- Se determina el número potencial de granos en la panícula.

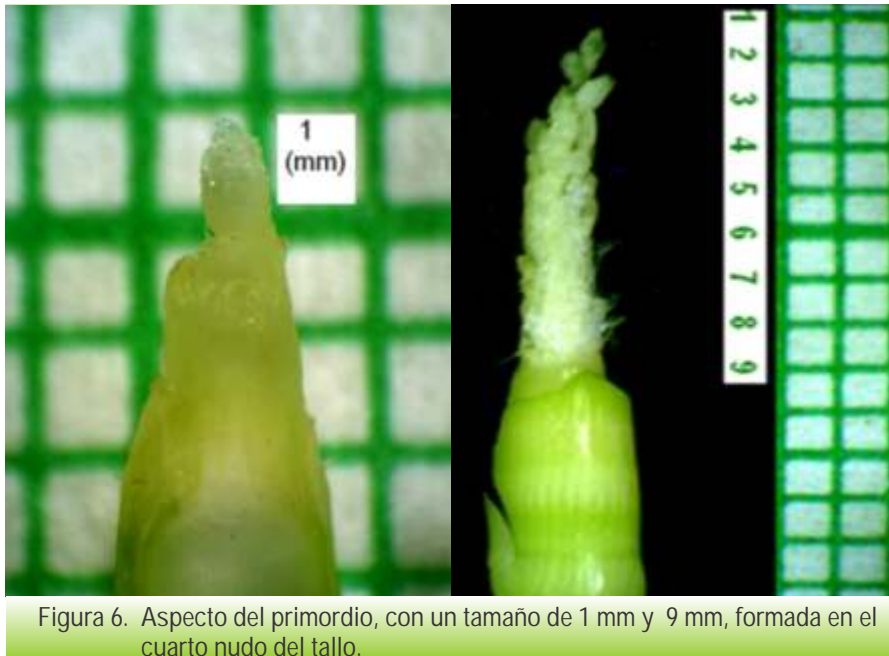


Figura 6. Aspecto del primordio, con un tamaño de 1 mm y 9 mm, formada en el cuarto nudo del tallo.

Prácticas de manejo recomendadas

El inicio de la diferenciación de panícula depende de la variedad, de la intensidad lumínica, de la duración del día y la noche, y de las temperaturas. Se verifica que se ha llegado a este estado cuando al cortar longitudinalmente la caña de arroz, desde la base del tallo, se aprecia una minúscula panícula casi transparente de 2mm de longitud. Durante esta etapa, las plantas se tornan muy sensibles a cualquier estrés, ya sea provocado por tratamientos fitosanitarios, otras prácticas agronómicas o por deficiencia hídrica. Además, se recomienda aplicar el segundo y último suplemento de fertilización nitrogenada.

2.2.6 Elongación del tallo

La manera práctica de identificar las plantas que alcanzan la etapa de elongación es cuando el cuarto entrenudo del tallo principal que se encuentra precisamente debajo de la inflorescencia, comienza a aumentar su longitud, notándose con facilidad (figura 7).

Cualidades que distinguen esta etapa:

- Esta elongación coincide con el desarrollo de la inflorescencia.
- Ocurre en el cuarto entrenudo.
- La hoja número 11 emerge totalmente.
- Las primeras tres o cuatro hojas han muerto y quedan siete u ocho en el tallo.



Figura 7. Plantas de arroz en la etapa de elongación del tallo.

Prácticas de manejo recomendadas

En la etapa de elongación o alargamiento del tallo es importante prestar atención a posibles infecciones por *Pyricularia*, *Rhizoctonia*, *Sarocladium*, bacteriosis y por el ácaro *S. spinki*, especialmente si las condiciones meteorológicas son favorables para el desarrollo de estas plagas.

2.2.7 Desarrollo de la panícula

La panícula diferenciada es visible hasta cuando la punta de ella está justo debajo del cuello de la hoja bandera, como observamos en la figura 8.

Cualidades que distinguen esta etapa:

- En el primordio se diferencian las espiguillas.
- Las espiguillas crecen dentro de la hoja bandera.
- Se conoce como embuchamiento.
- El embuchamiento se inicia de 20 a 25 días antes de floración (daf).
- Es una etapa crítica para el rendimiento, porque se determinan el número total de granos.
- Crece la hoja bandera, hasta emerger totalmente.
- Temperaturas frías pueden causar esterilidad.



Figura 8. Embuchamiento y emergencia de las panículas en la planta de arroz.

Prácticas de manejo recomendadas

Representa el momento ideal para el primer tratamiento de protección de la panícula contra las posibles infecciones por *Pyricularia*, *Rhizoctonia*, *Sarocladium*, bacteriosis y ácaro *S. spinki*, especialmente si las condiciones meteorológicas son favorables para el desarrollo de las mismas.

2.2.8 Floración

La salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera marca el comienzo de la floración, las flores inician la antesis o floración en el tercio superior de la panícula (figura 9). Se dice que un arrozal se encuentra en estado fenológico de floración o espigado, cuando el 50% de las panículas (espigas) han emergido de la hoja bandera.

Cualidades que distinguen esta etapa:

- La salida de las anteras de apariencia blanquecina.
- Las flores del medio y en el tercio inferior, abren en los días sucesivos.
- Completar la floración dura aproximadamente de 8 a 15 días.
- La planta alcanza su máxima altura.
- La fecundación y el rendimiento puede ser afectado por volcamiento, vientos cálidos, secos o húmedos, temperaturas extremas (muy bajas o altas).



Figura 9. La etapa de floración ocurre con la salida de la panícula de la vaina de la hoja bandera.

Prácticas de manejo recomendadas

Durante la floración hay que seguir prestando atención a posibles infecciones por *Pyricularia* al cuello de la panícula, *Rhizoctonia*, *Sarocladium*, bacteriosis, especialmente si las condiciones meteorológicas son favorables para el desarrollo de las mismas. Es recomendable realizar el segundo tratamiento de protección de la panícula para minimizar los daños causados por factores meteorológicos y plagas.

2.2.9 Estado grano lechoso

Los carbohidratos almacenados son traslocados rápidamente de los tallos y otras partes de la planta, se fotosintetizan más carbohidratos y se mueven rápidamente para llenar el grano con un líquido lechoso; este proceso puede durar 10 días, de acuerdo a la variedad (figura 10).

Cualidades que distinguen esta etapa:

- Cinco días después de antesis los granos son de color verde.
- La panícula se dobla en un arco de 90° (panícula agobiada).
- En los granos aún verdes se puede extraer un fluido lechoso presionando con los dedos
- La carióspside pasa del estado acuoso al lechoso.

Prácticas de manejo recomendadas

Es la primera etapa de maduración. En los casos donde los tratamientos no sean efectivos, se puede notar los efectos de algunas plagas como:

- Barrenador del tallo: es una larva de lepidóptero que corta los vasos que proporcionan la savia a la espiga, por lo que está se vuelve blanca y vana.
- *Pyricularia* al cuello de la panícula: produce vaneado del grano, afecta la calidad molinera.
- *Rhizoctonia* y *Sarocladium*: producen manchado y vaneado del grano, afectando la calidad.
- Bacteriosis: producen manchado y vaneado del grano, afecta la calidad del grano.
- Ácaro *spinki*: aumenta el vaneado del grano, afecta la calidad del grano.

Todas se presentan afectando la calidad del grano.

2.2.10 Estado de grano pastoso

La consistencia del grano cambia primero a pastosa suave y luego endurece, en un periodo de 11 a 15 días, según la variedad (figura 11).



Figura 10. Plantas de arroz con el grano en estado lechoso



Figura 11. Plantas de arroz con granos en estado pastoso.

Cualidades que distinguen esta etapa:

- El color cambia a verdoso amarillento.
- El cariósipide o grano pasa del estado de masa blanda al de masa dura.
- La panícula dobla su punta en arco de 180°.
- Las ramas de la mitad del raquis de la panícula se dobla en arco de 90°.
- La planta alcanza un máximo peso en materia seca.

Prácticas de manejo recomendadas

Se recomienda mantener una buena humedad de campo o mantener la lámina de agua en las parcelas de riego. La pérdida rápida de la humedad en el suelo puede provocar la disminución en la calidad del grano y reducir el rendimiento, ya que los granos no alcanzan el peso máximo.

2.2.11 Maduración

Esta etapa se presenta cuando más del 80% de las espiguillas en la panícula están maduras (figura 12). La cariósipide o grano está completamente desarrollada en tamaño, su consistencia es dura y sin tonalidades verdosas. Ocurre aproximadamente en 12 días, según la variedad.

Cualidades que distinguen esta etapa:

- Puede ocurrir entre 30 y 35 días después del 50% de floración.
- La planta está fisiológicamente madura.
- Algunas espiguillas pueden permanecer verdes y nunca se llenan.
- Pueden haber hojas marchitas, algunas verde pálido.
- La panícula se dobla en 180° y se apoya del nudo del cuello.
- Las ramas del raquis se separan.
- Cesa la producción de materia seca.

Prácticas de manejo recomendadas

Al ir madurando los granos, las hojas envejecen y se secan en orden ascendente; al comenzar la cosecha se tiene un campo donde prácticamente han desaparecido los tonos verdes. Es el momento oportuno para drenar las parcelas manejadas con riego, una o dos semanas antes de la cosecha. La humedad para cosechar debe oscilar entre 18 y 22%, intervalo que permite conseguir los mejores rendimientos en campo y molino. El atraso en la cosecha significa tener almacenado el grano en campo, donde las condiciones climatológicas como humedad relativa, lluvias y temperatura pueden afectar la calidad en el molino.



Figura 12. Plantas de arroz con granos fisiológicamente maduros.

4. FENOLOGÍA DE LAS VARIEDADES DE ARROZ UTILIZADAS EN PANAMÁ

El desarrollo de la planta de arroz comprende tres fases (vegetativa, reproductiva y maduración), divididas en 9 etapas (germinación, plántula, macollamiento y máximo macollamiento, inicio de primordio, desarrollo de la panícula, floración, estado lechoso, estado pastoso y madurez fisiológica), describiendo así su fenología. Para que cada una de estas etapas sean alcanzadas se requiere que se den una serie de condiciones que involucran factores como el manejo, sistema de cultivo y factores ambientales como la luminosidad (radiación solar) y temperatura, entre otros. La interacción de estos factores influyen en la duración de estas etapas y en las fases, haciendo que observemos algunas variaciones en el ciclo de los cultivares, cuando los comparamos entre sistemas: secano y riego, o aún en el mismo sistema, entre una siembra de primera coa y una de segunda coa, o entre regiones por ejemplo la misma variedad en Chiriquí y Chepo.

Dada la importancia que el conocimiento de la fenología del arroz tiene para el manejo integrado del cultivo, y como respuesta a la falta de información sobre cuándo están ocurriendo las diferentes etapas fenológicas en las variedades de arroz utilizadas en Panamá, presentamos a continuación un estudio sobre la determinación de las etapas críticas de crecimiento y desarrollo de las variedades comerciales de arroz, en diferentes escenarios.

Metodología

Para efectuar las estimaciones que se presentan en los cuadros 1 y 2, se utilizó la base de datos de floración (FL) obtenida a través de los ensayos de rendimiento del IDIAP. Estos datos experimentales para cada variedad, provienen de 11 a 37 localidades de riego (de 33 a 111 datos) y entre 15 y 56 localidades de secano (de 45 a 168 datos), durante los años 2000 al 2004. Estos ensayos se efectúan anualmente en las principales zonas productoras de arroz en Panamá, bajo condiciones de secano y riego.

De acuerdo a la metodología estándar de evaluación en arroz, se determina el número de días a partir de la siembra hasta que el 50% de las plantas de una variedad hayan florecido.

A los datos individuales de floración de cada variedad a nivel de repetición, se le estimaron estadísticos como: la media, desviación estándar y coeficiente de variación; con esta información se estimó el límite inferior (LI) y el límite superior (LS) para esta característica. Una vez obtenidos los estadísticos de la floración, se estima el inicio del primordio restando 31 días, que es el número de días que normalmente transcurre entre esta etapa y el 50% de floración.

De igual manera, para estimar los días hasta la maduración (MD) de la variedad, se determinó sumando a los datos de floración 30, que representan el número de días transcurridos entre la floración y la maduración, cuando el 85% de los granos de la panícula están maduros (Vergara 1985, Pantoja et al. 1997, Arévalo 2001.)

Para estimar, el máximo macollamiento (MM), la situación es más compleja porque ésta etapa es muy variable, no obstante, para las variedades precoces bajo riego se estima que ocurre siete días antes del inicio del primordio (IP) y en los cultivares de ciclo intermedio, aproximadamente 10 días antes del IP.

Bajo condiciones de secano se estimó que el MM ocurre ocho días antes de IP en los cultivares precoces y 12 días antes de IP en los de ciclo intermedio.

Posteriormente, para las cuatro etapas consideradas (MM, IP, FL y MD), se estimaron el límite inferior (LI) y el límite superior (LS), que representa realmente la desviación estándar en relación al promedio.

Resultados

En el cuadro 1 se presenta para las condiciones de riego, la estimación aproximada de los días después de la siembra (DDS), en que deben estar ocurriendo las diferentes etapas de interés para el manejo integrado del cultivo de arroz y en especial para el complejo ácaro-hongo-bacteria.

Por ejemplo, la variedad IDIAP 25-03, debe alcanzar en promedio el MM a los 40 días, sin embargo, es posible que bajo condiciones ideales de manejo del cultivo y riego, en condiciones ambientales óptimas de luminosidad y temperatura, la variedad alcance el máximo macollamiento a los 33 días. Si hubiese problema con el riego, muchos días nublados y temperaturas inferiores a 25°C, el MM se puede retrasar hasta los 47 DDS.

En cuanto a la etapa de inicio del primordio, en la variedad IDIAP 25-03, si las condiciones son óptimas, se deben iniciar el monitoreo a partir de los 38 DDS, aunque se estima que en promedio el inicio del primordio debe ocurrir a los 47 DDS. De igual manera, si las condiciones de manejo y ambiente son inadecuadas esta etapa puede retrasarse hasta los 53 DDS. Se espera que en promedio esta variedad deba presentar 50% de floración a los 77 DDS, no obstante, si las condiciones antes mencionadas son óptimas, la floración puede estar iniciándose a los 69 DDS y si por el contrario, no tenemos condiciones adecuadas, esta etapa puede extenderse hasta los 84 DDS.

En el caso de la maduración es menos relevante, ya que toda la inversión en manejo de campo se ha efectuado y el manejo de la parcela estará enfocado a la calidad del grano.

CUADRO 1. ESTIMACIÓN APROXIMADA DE LA OCURRENCIA DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS EN CULTIVARES DE ARROZ, BAJO CONDICIONES DE RIEGO.

Cultivares de arroz en condiciones de riego	Días Después de la Siembra (DDS)											
	Máximo macollamiento			Inicio del primordio floral			Floración			Maduración		
	LI	Prom	LS	LI	Prom	LS	LI	Prom	LS	LI	Prom	LS
Idiap 25-03	33	40	47	38	47	53	69	77	84	99	107	114
Idiap 145-05	34	41	48	40	48	54	71	78	85	101	108	115
Idiap 54-05	34	41	48	41	48	55	72	79	86	102	109	116
Idiap 52-05	31	41	51	42	51	61	73	82	92	103	112	122
Idiap FL 106-11	38	44	50	45	51	57	76	82	88	106	112	118
Idiap FL 137-11	38	44	50	45	51	57	76	82	88	106	112	118
Colombia XXI	34	41	48	41	48	55	72	79	86	102	109	116
Fedearroz 2000	36	43	50	43	50	57	74	81	88	104	111	118
Idiap L-7	31	38	45	39	45	51	70	76	82	100	106	112
Idiap 38	34	44	54	47	54	61	78	85	92	108	115	122
Idiap 3003	37	47	57	49	57	64	80	88	95	110	118	125
P-3621	41	51	61	53	61	70	84	92	101	114	122	131
P-1048	36	46	56	49	56	64	80	87	95	110	117	125
Oryzica 1	32	42	52	40	49	58	71	80	89	101	110	119
Fedearroz 50	32	42	52	46	52	59	77	83	90	107	113	120

Fuente: Camargo 2005.

En el cuadro 2 se presenta la información obtenida en condiciones de secano. Se observa un desfase en cada etapa, ya que bajo condiciones de secano se requiere mayor tiempo, probablemente a que las variedades estén expuestas a estreses bióticos y abióticos. Por otro lado, no hay que perder de vista que el secano favorecido de Chiriquí es diferente al de Chepo, siendo ambos diferentes del secano que se presenta en Coclé.

CUADRO 2. ESTIMACIÓN APROXIMADA DE LA OCURRENCIA DE LAS ETAPAS FENOLÓGICAS EN CULTIVARES DE ARROZ, BAJO CONDICIONES DE SECANO.

Cultivares de arroz en condiciones de secano	Días Después de la Siembra (DDS)											
	Máximo macollamiento			Inicio de primordio floral			Floración			Maduración		
	LI	Prom	LS	LI	Prom	LS	LI	Prom	LS	LI	Prom	LS
Idiap 2503	37	45	53	45	53	60	76	83	91	106	113	121
Idiap 145-05	37	45	53	42	53	61	73	83	92	103	113	122
Idiap 54-05	41	49	57	46	57	65	77	87	96	107	117	126
Idiap 52-05	40	48	56	46	56	63	77	86	94	107	116	124
Idiap FL 106-11	40	47	54	47	54	61	78	85	92	108	115	122
Idiap FL 137-11	39	46	53	46	53	60	77	84	91	107	114	121
Fedearroz 2000	39	47	55	48	55	61	79	85	92	109	115	122
Colombia XXI	39	47	55	45	55	63	76	85	94	106	115	124
Idiap L-7	36	44	52	45	52	58	76	82	89	106	112	119
Idiap 38	40	52	64	55	64	70	86	94	101	116	124	131
Idiap 3003	42	54	66	57	66	73	88	96	104	118	126	134
P-3621	47	59	71	61	71	79	92	101	110	122	131	140
P-1048	43	55	67	58	67	74	89	97	105	119	127	135
Oryzica 1	41	49	57	47	57	65	78	87	96	108	117	126
Fedearroz 50	39	51	63	53	63	72	84	93	103	114	123	133
Idiap T4-70	38	50	62	51	62	71	82	92	102	112	122	132
Idiap 863	39	51	63	53	63	71	84	93	102	114	123	132

Fuente: Camargo 2005.

Ambos cuadros representan una herramienta de trabajo que suministra un buen nivel de orientación sobre la fenología de las variedades de arroz que actualmente son sembradas en Panamá. El consultar estos cuadros puede hacer más eficiente el manejo integrado del cultivo, permitiendo aplicar las diferentes prácticas de manejo en el momento oportuno.

Además, nos ayuda a poner en evidencia cualquier variación en la duración de las diferentes fases y etapas, como consecuencia del estrés de naturaleza biótica o abiótica que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz.

Obviamente, para un mejor conocimiento de estos temas, se requiere de estudios más avanzados donde se interrelacionen las variables climáticas con las variables biológicas que definen los componentes fenológicos del arroz.

5. FENOLOGÍA DEL ARROZ Y SU RELACIÓN CON LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LOS INSECTOS-PLAGAS

El manejo adecuado de un cultivo en general, se fundamenta en la relación existente entre el agroecosistema y el desarrollo fenológico del cultivo, asociado a las variables climáticas, las cuales inciden sobre la población de los insectos-plagas (Pantoja *et al.* 1997). El daño causado al cultivo, va a depender de la fase del insecto que ataca el cultivo, el tipo de aparato bucal, la densidad de la población y la fenología del cultivo (King y Saunders 1984).

La fenología del cultivo del arroz, podemos dividirla en tres fases básicas; la vegetativa, reproductiva y maduración (Pantoja *et al.*, 1997; Vivas 1991). En este sentido, se puede agrupar al conjunto de plagas que atacan al cultivo en una determinada fase fenológica, asociándolos con el daño que causan a la planta y su efecto en el desarrollo de la misma (Weber 1989). La relación entre la bioecología del insecto fitófago con la fenología del cultivo, asociada directamente con la estructura de la planta que le sirve de alimento, define claramente el impacto del daño provocado por las plagas (figura 13).

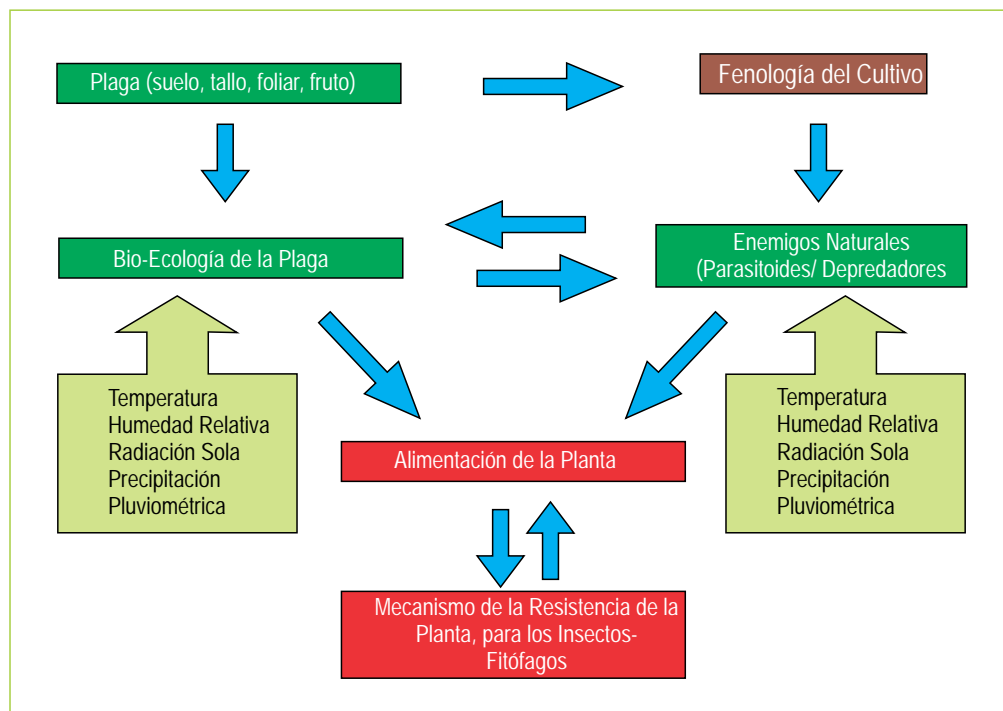


Figura 13. Factores abióticos y bióticos, que influyen en la alimentación de los insectos fitófagos (adaptado de Zachrisson 2010)

La densidad de la población de los insectos-plagas varía de acuerdo a los factores bióticos y abióticos, los cuales pueden favorecer las interacciones entre insectos de especies diferentes, como lo es la depredación y el parasitismo, que pueden competir por el mismo nicho ecológico (Figura 13). De manera semejante, los agentes entomopatógenos, también son considerados reguladores de la población de insectos en el cultivo del arroz. En donde, la temperatura, humedad relativa, radiación solar y precipitación pluviométrica, puede afectar la incidencia del complejo de agentes entomopatógenos (Pérez 2004) (figura 13).

La dinámica de los insectos en el cultivo del arroz, se ve afectada en gran medida por el monocultivo, el cual promueve su desarrollo, debido a que proporciona de manera continua alimento suficiente, cumpliendo con los requerimientos nutricionales exigidos por las plagas (Weber 1989). Esto nos lleva a analizar el papel de los metabolitos secundarios, que son consideradas defensas químicas de las plantas y que pueden afectar el comportamiento alimentario del insecto. Por otro lado, la concentración de estos metabolitos secundarios puede variar, de acuerdo al estado fenológico de la planta, y que en asociación con algunas variables abióticas, como la temperatura, que pueden interferir en la alimentación de la plaga (Coley 1980, Kogan y Paxton 1983). Los mecanismos mencionados, involucran compuestos sintetizados por las plantas que tienen la capacidad de inhibir la alimentación del insecto (deterrencia o fago inhibición), afectar el desarrollo biológico de este, una vez comienza a alimentarse (antibiosis) y provocar repelencia a los insectos fitófagos (King y Saunders 1984; Lara 1991) (figura 14).

- Repelencia
- Antibiosis
- Deterrencia o fago inhibición



Figura 14. Mecanismos de resistencia adversos a los insectos-plagas, en el cultivo del arroz (*O. sativa*)

No menos importante es el impacto de la fenología de las variedades, sobre la dinámica de la plaga, cuando se considera la presencia de los insectos benéficos (parasitoides, depredadores), los cuales a su vez también son afectados por los metabolitos secundarios, favoreciendo o no el control natural de los insectos (cuadro 3) (Kogan 1986). De manera semejante, las variedades también presentan variaciones en las concentraciones de metabolitos secundarios, en función de su fenología (Kogan y Paxton 1983; Zachrisson 2010). Las variaciones de las concentraciones de metabolitos secundarios, en variedades del mismo cultivo, observadas en la misma etapa fenológica, pueden afectar de manera diferente, a la población de la plaga y el comportamiento del parasitoide (Zachrisson 2010) (cuadro 4).

CUADRO 3. AGENTES ENTOMÓFAGOS, ENCONTRADA EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa*), EN LA REGIÓN ORIENTAL DE PANAMÁ. 2002-2010.

Plaga	Enemigo natural	Localidad	Incidencia natural / Complejo de parasitoides
<i>Rupela albinella</i>	<i>Telenomus rowani</i> (Parasitoide oófago)	Felipillo, Chepo	Baja – Moderada
<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Trichogramma pretiosum</i> (Parasitoide oófago)	Felipillo, Pacora; Panamá	Moderada
<i>Tagosodes orizicolus</i>	<i>Anagrussp.</i> (Parasitoide oófago)	Chepo, Panamá	Reducida
<i>Oebalus insulares</i>	<i>Trissolcus basalís, Telenomus podisi</i> (Parasitoides oófagos)	Río Hato, Coclé; Chepo, Panamá	Moderada

Zachrisson 2010

CUADRO 4. TASA DE CONTROL NATURAL DE *Oebalus insularis* STAL (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE), POR MEDIO DEL COMPLEJO DE PARASITOIDES (*Telenomus podisi* y *Trissolcus basalís*), EN PANAMÁ.

Localidad / año	Variedad	Tasa de parasitismo(%)	Especie de parasitoide
Río Hato – 2001	IDIAP L-7	89.10	<i>T. basalís</i>
		10.90	<i>T. podisi</i>
Chepo – 2002	IDIAP -38	95.00	<i>T. basalís</i>
		5.00	<i>T. podisi</i>
	IDIAP L-7	84.90	<i>T. basalís</i>
		14.10	<i>T. podisi</i>
Chepo – 2004	Prosequisa	43.00	<i>T. podisi</i>
		38.30	<i>T. basalís</i>
		18.70	Otros

Zachrisson 2010

Consideración final

La visión de manejo de los insectos-plagas, enmarcado dentro de un contexto dinámico, multidisciplinar y multidimensional, debe realizarse de manera integral, propiciando la rentabilidad del cultivo. Razón por la cual, la integración de variables como la fenología del cultivo, la incidencia del ataque de los insectos fitófagos, el complejo de enemigos naturales, deben integrarse al manejo de la resistencia de insectos fitófagos por parte de las variedades de arroz. En este sentido, se destaca la identificación y aplicación de los metabolitos secundarios encontrados en las variedades de arroz, como mecanismos de resistencia a las plagas, que deben incorporarse en los programas de mejoramiento genético.

Bibliografía

- Arévalos S, E. 2001. Conozca cómo crecen y se desarrollan las variedades. *Arroz*, 50(431): 30-36.
- Azkues, M. 2007. La fenología como herramienta en la agroclimatología (en línea). INIA-CEANAI/O-IIRA-Agroclimatología (INIA Venezuela). Consultado 8 ene. 2009. Disponible en <http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>
- Camargo, I. 2005. Estimación aproximada de diferentes etapas críticas del crecimiento de la planta de arroz, en los principales cultivares comerciales y experimentales. Panamá. IDIAP. Informe técnico. 2 p.
- Coley, PD. 1980. Effects of the leaf age and plant life history patterns on herbivory. *Nature*, 284: 545- 546.
- Counce, PA; Keisling, TC; Mitchell, AJ. 2000a. A uniform, objective and adaptive system for expressing rice development. *Crop Sci.* 40:436-443.
- Counce, PA; Keisling, TC; Mitchell, AJ. 2000b. Rice Growth Staging System (en línea). University of Arkansas. Division of Agriculture. Consultado: 5 agosto. 2007. Disponible en <http://www.uaex.edu/nerec>.
- Counce, PA; Keisling; TC; Annis, DC. 1999. Using rice growth staging an aid to crop management. In B.R. Wells Rice Research Studies. Eds. RJ Norman; CA Beyrouy. Arkansas Agricultural Experiment Station Fayetteville, Arkansas 72701. p. 9-14.
- Franquet B, JM; Borrás P, C. 2004. Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad Internacional de Catalunya. España. 316p.
- Gastiozoro, J. 2008. Influencia del clima sobre las plantas. Universidad Nacional del Comahue. Facultad de Ciencias Agrarias. Consultado 9 ene. 2009. Disponible en <http://www.redagria.com.ar>
- Hernández L, J. 1969. Desarrollo y fisiología de la planta de arroz. *Arroz*, año 3 (17): 22-33.
- King, ABS. Saunders, JL. 1984. La plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Ed. Administración de Desarrollo Extranjero (ODA). Londres. 182p.
- Kogan, M. 1986. Plant defense strategies and host plant resistance. In: Kogan, M. (Eds.), *Ecological theory and integrated pest management practice*. New York: J. Wiley, 1986. p. 83- 133.
- Kogan, M.; Paxton, J. 1983. Natural inducers of plant resistance to insects. In: HEDIN, PA. *Plant resistance to insects*. Washington, DC: American Chemical Society, 1983. p. 152– 171.
- Lara, F.M. 1991. Principios de resistencia de plantas a insectos. Editorial ICONE, Sao Paulo. 336p.
- Pantoja, A; Fischer, A; Correa, F; Sanint, L; Ramirez, A. 1997. MIP en arroz: Manejo integrado de plagas: Artrópodos, enfermedades y malezas. Cali, Colombia, CIAT. 141 p.
- Pérez, CR. 2004. Hongos entomopatógenos para el manejo de insectos fitófagos del arroz, en el Caribe Húmedo. *Arrocero Moderno* p. 179-182.

-
- Quirós Mc, E. 2005. Etapas de desarrollo y fisiología de la planta de arroz. In Capacitación para la formación de plagueros. Panamá, IDIAP. 8p.
- Reissig, WH; Heinrichs, EA; Litsinger, JA; Moody, K; Fiedler, L; Mew, TW; Barrow, AT.1986. Rice panicle mite. In Illustrated guide to the integrated pest management in rice in tropical Asia. IRRI. Los Baños, Phillipines. 420p.
- Vargas, JP. 1990. Manejo integrado del cultivo de arroz en Colombia. Arroz. 39 (368): 24-31.
- Vivas L. 1991. Investigación de insectos plaga en el Río Guárico. En arroz en las Américas 13 (2): 3-5.
- Weber, G. 1989. Desarrollo del manejo integrado de plagas del cultivo del arroz. Colombia, CIAT. 69 p. (Guía de Estudio, Serie 04SR-04.04).
- ZACHRISSON, BA. 2010. Bioecología, daños y muestreos de plagas, en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Publicación IDIAP, 36 p., 2010.

Fenología de la planta de arroz y su importancia en el manejo integrado del cultivo

Es una publicación del



Comite de Revisores Técnicos
Omar Alfaro, M.Sc.
Julio Lara, M.Sc.
Luisa Martínez, Ing. Agro.

Revisores Técnicos
Manuel De Gracia, P.h.D.
Carmen Y. Bieberach Forero, M.Sc.
Luisa Martínez Rodríguez, Ing. Agro.
Marco Navarro, M.Sc.

Edición
Neysa Garrido, M.Sc.
Belquis De Gracia, Lic.

Diagramación
Gregoria Hurtado

Fotografías
Archivos del IDIAP

Impresión
Departamento de Publicaciones
Nivel Central, Panamá.
1^{ra} Edición: 50 ejemplares - 2012

