



La fisiología del cultivo  
del arroz en el  
programa AMTEC



**FEDEARROZ**  
FONDO NACIONAL DEL ARROZ



**AMTEC**  
Asociación Mexicana de Tecnología



# LA FISILOGIA DEL CULTIVO DEL ARROZ EN EL PROGRAMA AMTEC

Gabriel Garcés Varón, IA, M.Sc.  
Jose Heber Medina Rubio, IA, M.Sc,

FEDEARROZ - Fondo Nacional del Arroz

Noviembre 2018

*Editor: Iván Camilo Ávila C.  
Myriam Patricia Guzmán G.*

## CONTENIDO

	5
INTRODUCCIÓN .....	6
	7
1. Crecimiento y desarrollo del cultivo del arroz .....	9
2. Fases de crecimiento del cultivo .....	22
3. Etapas fenológicas del arroz .....	22
4. Relación clima - cultivo del arroz .....	22
4.1 Influencia de los factores climáticos en el cultivo .....	23
4.1.1 Precipitación .....	25
4.1.2 Luminosidad .....	27
4.1.3 Temperatura .....	28
4.1.4 Humedad relativa .....	30
4.2 Época de siembra .....	33
4.3 Predicciones agroclimáticas .....	34
5. Manejo del agua de riego .....	35
6. Manejo nutricional del cultivo .....	37
7. Efectos de los herbicidas en la planta .....	
8. Pérdida de área foliar .....	



## INTRODUCCIÓN

El estudio y la comprensión del crecimiento y desarrollo de la planta de arroz, así como su interacción con los factores climáticos, edáficos y agronómicos, resulta de gran importancia y utilidad para el diseño de un adecuado plan de manejo del cultivo. Cada etapa fenológica del arroz presenta diferentes requerimientos tanto de clima como de manejo agronómico, por tanto, es importante identificar adecuadamente cada una de estas etapas y realizar oportunamente las prácticas agronómicas respectivas. Decisiones como la época de siembra, la variedad a utilizar, la cantidad de semilla, el plan de nutrición, entre otras, requieren de un conocimiento de las características y del comportamiento de cada variedad y su relación con el ambiente y el manejo agronómico.

El rendimiento en grano se va construyendo a medida que avanza el ciclo de vida del cultivo; su resultado estará altamente influenciado por las condiciones ambientales y de manejo enfrentadas por el cultivo y que determinarán cuánto del potencial productivo de la variedad podrá ser expresado.

El objetivo de esta cartilla es dar a conocer a los productores de arroz algunos aspectos básicos de la fisiología del cultivo que les permita comprender la forma como crece y se desarrolla la planta y la importante influencia que las condiciones ambientales y el manejo agronómico tienen sobre la productividad del cultivo.

## 1. EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DEL ARROZ

1.1 El crecimiento en el cultivo del arroz se entiende como el aumento irreversible de los órganos de la planta. Hay aumento de la masa celular y formación de nuevas estructuras que componen su arquitectura.

Al ocurrir el crecimiento en toda la planta se presenta la diferenciación gradual y se forman las raíces, los tallos, las hojas y al final las flores y los granos (figura 1).



Figura 1. Crecimiento de las estructuras de la planta del arroz

1.2 El desarrollo se refiere al conjunto de eventos que favorecen la construcción de la planta y le dan la posibilidad de alimentarse, crecer, reproducirse y adaptarse al ambiente.

El desarrollo comprende el crecimiento que indica los cambios cuantitativos que se dan durante el desarrollo y la diferenciación que se refiere a los cambios cualitativos. El desarrollo comprende tres procesos que conforman en conjunto el ciclo de vida de la planta: crecimiento, diferenciación y envejecimiento (senescencia) y muerte.

## 2. LAS FASES DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO DEL ARROZ:

El ciclo de vida del cultivo del arroz puede ser dividido en tres grandes fases: Vegetativa, Reproductiva y de Maduración. A su vez, estas fases de crecimiento pueden ser divididas en etapas fenológicas, las cuales determinan el estado de desarrollo del cultivo. En cada fase de crecimiento se determinan los diferentes componentes del rendimiento del cultivo. La incidencia de clima y el manejo agronómico serán determinantes para que la planta pueda expresar todo su potencial genético en la definición de cada componente.

El resumen de las fases de crecimiento y las etapas fenológicas que atraviesa el cultivo del arroz, se presentan en la figura 2.

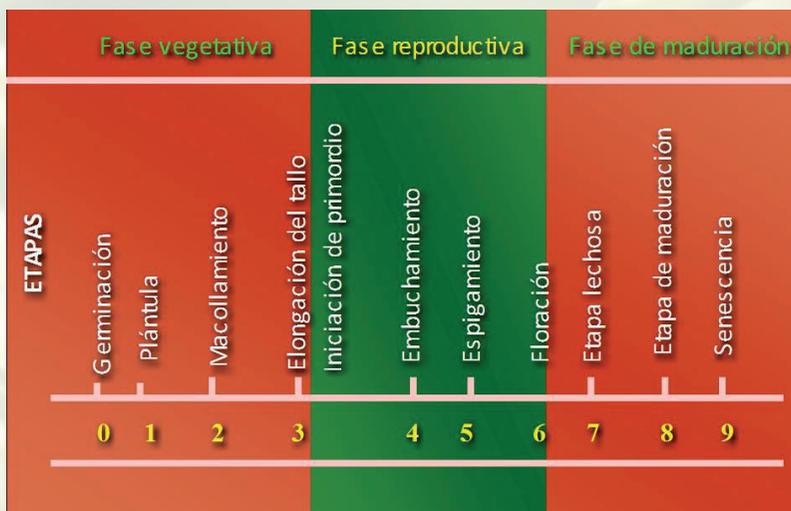


Figura 2. Fases de crecimiento y etapas fenológicas del cultivo del arroz

**Fase Vegetativa:** Se inicia con la germinación de la semilla y termina con la diferenciación del primordio floral. En ella se determina el número de macollas que tendrá el cultivo (figura 3), del cual depende el número de panículas por unidad de área. La duración de esta fase puede variar, de acuerdo a la variedad y al clima. En términos generales, tiene una duración entre 35 y 50 días. La diferencia en el ciclo de vida entre una u otra variedad, está determinada por la mayor o menor duración de la fase vegetativa.



Figura 3. Macollamiento de la planta del arroz

2.2 Fase Reproductiva: se inicia con la diferenciación del primordio floral y termina con la floración del cultivo (figura 4). En esta fase se determina el número de espiguillas que tendrá cada panícula. Su duración oscila entre 30 y 35 días. Esta fase solo es visible cuando abrimos la planta e internamente vemos su desarrollo.



Figura 4. Planta de arroz terminando la fase reproductiva

2.3 *Fase de Maduración*: Inicia con la etapa de floración y termina con la madurez del grano. En esta fase se determina cuántas espiguillas se convertirán en granos efectivos y el peso individual de cada uno de ellos. Su duración oscila entre 30-45 días, dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas.



Figura 5. Fase de maduración del cultivo del arroz

Las etapas de desarrollo de la planta de arroz se identifican muy fácilmente y en ellas ocurren cambios fisiológicos de gran importancia para el ciclo de vida de la planta. Algunas etapas pueden llegar a traslaparse como es el caso del macollamiento y la elongación del tallo, dependiendo de la variedad sembrada y las condiciones ambientales.

### 3. ETAPAS FENOLÓGICAS DEL ARROZ:

#### 3.1 Etapa 0: Germinación a emergencia de la semilla.

Esta etapa se inicia con la siembra de la semilla bien sea seca, pregerminada, tapada o destapada hasta la aparición de la primera hoja a través del coleoptilo (figura 6).



Figura 6. Partes de una semilla de arroz. Foto: Félix Hernandez

Cuando se siembra la semilla seca, se realiza “moje” de germinación por periodos de 24-36 horas. Durante los mojes de germinación, las semillas absorben agua, se hinchan e inician el metabolismo de sus reservas de almidón y de proteína dando comienzo al crecimiento del embrión. La duración del proceso de germinación se ve influenciada por la humedad del suelo y la profundidad de siembra.



Figura 7. Germinación de las semillas del arroz

Cuando se siembra semilla pregerminada y si la temperatura media es de 26°C, la emergencia ocurre 2-3 días después de la siembra. La primera hoja, carente de lámina foliar, rompe el coleoptilo y se hace visible sobre la superficie del suelo.

Cuando se siembra la semilla pregerminada y destapada está expuesta a la pérdida de su viabilidad por efectos del sol o el viento seco que causan deshidratación por el ambiente, perdidas por aves, insectos o toxicidad por agroquímicos, entre otros.

*Labores culturales relacionadas con la germinación:*

Tengamos en cuenta que antes de la preparación y siembra debemos realizar con anticipación la el diagnóstico y la planificación para que las actividades se vayan a ejecutar deben ser en base a un cronograma de actividades a seguir en la campaña. Algunas consideraciones importantes:

- La correcta realización de las prácticas de preparación y adecuación de suelos resultan fundamentales para que la semilla de arroz encuentre un medio adecuado para su germinación.
- Un suelo técnicamente bien preparado y adecuado facilita el manejo del agua de riego para evitar pérdidas de semilla, ya sea por excesos o déficit de agua.
- El diagnóstico físico del suelo es una herramienta que permite definir el tipo de preparación para cada lote específico.

El tipo de siembra y la cantidad de semilla a utilizar deben ser definidas con criterio técnico. Los sistemas de siembra con máquina en surcos y el trasplante resultan mucho más conveniente que la siembra al voleo, la cual requiere más semilla, la distribución de la misma es irregular y limita la utilización de herbicidas en preemergencia total (figura 8). El exceso de semilla y, consecuentemente, las altas poblaciones de plantas, inhiben el macollamiento, incrementan el riesgo de problemas fitosanitarios y favorecen el volcamiento del cultivo.



Figura 8. Sistemas de siembra de la semilla del arroz: voleo (izquierda), mecanizada en seco (centro) y trasplante (derecha)

### 3.2 Etapa 1: Estado de plántula.

Esta etapa comprende desde la emergencia hasta antes que aparezca la primera macolla en la planta de arroz (4-5 hojas). Inicialmente, la plántula de arroz depende totalmente de la energía, de los minerales y proteínas de la semilla. A partir del séptimo día de la germinación la planta comienza a absorber nutrientes por las raíces y las hojas capturan la luz del sol para realizar fotosíntesis, proceso mediante el cual la planta fabrica su propio alimento.

Durante las etapas iniciales del cultivo, en promedio, cada 5 días se emite una nueva hoja completa (con vaina y lámina), y a partir del inicio de primordio floral se emite cada 7 a 8 días.



Figura 9. Estado de plántula (izquierda) y las partes de la plántula (derecha)

*Labores culturales por realizar en esta etapa.*

Durante esta etapa se debe realizar, esencialmente, las siguientes labores:

- Distribución oportuna y balanceada del riego para uniformizar el cultivo.
- Control temprano de malezas, en preemergencia o postemergencia temprana.
- Primera fertilización del cultivo.
- Monitoreo de insectos fitófagos del suelo y comedores de follaje.

El monitoreo es una herramienta de seguimiento que permite evaluar la eficiencia de cada una de las labores ejecutadas y de prever inconvenientes, para toma de decisiones oportunas. Debe realizarse de forma periódica y llevarse registros para cada una de las etapas de crecimiento y desarrollo

### 3.3 Etapa 2: Macollamiento.

Esta etapa comienza cuando la planta emite su primer hijo o macolla y termina cuando desarrolla el máximo número de ellos.

En esta etapa de desarrollo se determina el segundo componente del rendimiento que es el número de panículas por unidad de área ( $m^2$ ) dado por la formación de las macollas efectivas (figura 10).

El potencial de macollamiento de una variedad es una característica genética pero su expresión en el campo dependerá de varias prácticas de manejo agronómico.



Figura 10. Inicio del macollamiento de la planta de arroz (izquierda), finalización del macollamiento (derecha)

Labores culturales por realizar en esta etapa.

- Es recomendable el riego intermitente durante esta etapa, evitando la inundación y el estrés por sequía.
- Si es necesario, control de malezas en postmediana (20-25 días después de la germinación-ddg). No se deben realizar aplicaciones tardías de herbicidas.
- Monitoreo de insectos como chupadores, comedores de follaje y barrenadores del tallo.
- Segunda nutrición balanceada del cultivo de acuerdo al análisis de suelos y el requerimiento de la variedad.
- Monitoreo de enfermedades.

Esta etapa puede durar entre 30-45 días dependiendo del ciclo vegetativo de la variedad sembrada.

### 3.4 Etapa 3. Elongación de tallo (simultánea al inicio de primordio floral).

Esta etapa de desarrollo marca el final de la fase vegetativa y el inicio de la fase reproductiva. Se inicia con la diferenciación del meristemo en el punto de crecimiento del tallo y termina con la aparición de una pequeña estructura cónica plumosa y blanquecina de tamaño 1-2 centímetros que es el primordio floral, que solo es visible unos 8-10 días después de su iniciación.



Figura 11. Corte longitudinal de un tallo de arroz con el entrenudo elongado.

Condiciones de altas temperaturas o baja radiación pueden afectar este proceso, también prácticas inadecuadas de manejo como aplicaciones tardías de herbicidas o estrés hídrico. A partir de este momento se incrementa significativamente la extracción de nutrientes y la producción de materia seca del cultivo.

*Labores culturales por realizar en esta etapa.*

- Previo a esta etapa se debe realizar una fertilización rica en nitrógeno y potasio, según el análisis de suelo y los requerimientos de la variedad sembrada.
- Monitoreo de enfermedades y de insectos comedores de follaje y barrenadores.
- Buen manejo del agua riego: suelo debe permanecer húmedo.
- No se deben realizar aplicaciones de herbicidas cerca a esta etapa de desarrollo; en caso de presencia, realice el control manual de malezas y del arroz maleza.
- Condiciones de buena radiación solar y temperaturas adecuadas favorecen su desarrollo.

*3,5 Etapa 4: Desarrollo de panícula - embuchamiento.*

Esta etapa empieza cuando la panícula diferenciada es visible y termina cuando el extremo de las florecillas esta justamente debajo del cuello de la hoja bandera.

Durante esta etapa se produce la diferenciación de las espiguillas las cuales conforman el segundo componente de rendimiento del arroz.



Figura 12. Dos estados de la panícula en desarrollo (Fase reproductiva). Foto: Gabriel Garcés

Las espiguillas forman, junto con el raquis, la inflorescencia que crece dentro de la vaina de la hoja bandera, causando un abultamiento llamado comúnmente “embuchamiento” (figura 13).



Figura 13. Macolla en etapa de máximo embuchamiento

La salida parcial o total de la panícula marca el final de esta etapa. Es una etapa de desarrollo sensible a temperaturas extremas durante la noche; días con temperatura mínima inferior a  $18^{\circ}\text{C}$  o superior a  $23^{\circ}\text{C}$  pueden ocasionar daños a los gametos en formación, lo que conducirá a esterilidad de espiguillas.

*Labores culturales por realizar durante esta etapa*

- Monitoreo de enfermedades e insectos fitófagos chupadores y barrenadores.
- El suelo debe permanecer con muy buen contenido de humedad. Durante esta etapa la planta de arroz es muy sensible al estrés por falta de agua.
- Se deben evitar aplicaciones excesivas de nitrógeno que favorezcan crecimiento exagerado del follaje de cultivo.
- Condiciones de alta radiación solar y temperaturas frescas durante la noche favorecen esta etapa de desarrollo.

### 3.6 Etapa 5: Espigamiento.

Corresponde al momento de la salida de la panícula al exterior. Termina en el momento en el que las anteras son expuestas, proceso conocido como antesis.



Figura 14. Etapa de espigamiento del arroz.

Labores culturales relacionadas con esta etapa:

- Se debe cuidar el manejo del agua del riego, ya que una condición de estrés podría afectar significativamente la productividad.
- Monitorear la presencia de insectos o enfermedades.
- Revisar los registros de los factores del clima y su influencia en el desarrollo.
- En caso de aplicación de pesticidas para protección de la panícula, se debe seleccionar muy bien los productos y evitar las incompatibilidades.

### 3.7 Etapa 6: Floración.

Esta etapa marca el término de la fase reproductiva y el inicio de la fase de maduración.



Foto: Hernández, F. 2017

Foto: Félix Hernandez



Foto: Gabriel Garcés

Figura 15. Florecilla de arroz y sus partes (izquierda) y espiguillas en floración (derecha).

La floración se inicia con la apertura de las espiguillas, que es seguida por la antesis o salida de las anteras en el tercio superior de la panícula. Las anteras en el tercio medio e inferior abren en los días sucesivos, el proceso continúa con la caída del polen que, al depositarse en el estigma, llega al ovario y lo fertiliza. La etapa de floración, al interior de una panícula, tiene una duración de unos 7 días. La mayor parte del proceso de antesis se produce entre las 9 a.m. y 12 M.

Durante esta etapa las condiciones ambientales juegan un papel importante en la fertilización de las flores: vientos cálidos, secos o húmedos, afectan seriamente la fecundación los estigmas, reduciendo considerablemente el rendimiento. Temperaturas excesivamente bajas o altas del agua riego y del aire, inferior a 18 grados centígrados o superiores a 34 grados centígrados, pueden causar el mismo efecto al evitar que las flores abran y se polinicen. Durante esta etapa de desarrollo la planta de arroz alcanza su máxima altura y el crecimiento cesa en los órganos vegetativos como raíz, tallos y hojas.

Labores culturales relacionadas con esta etapa:

- Control preventivo y curativo de enfermedades fungosas: para protección de la espiga y las hojas bandera y dos siguientes.
- El suelo debe permanecer saturado o con lámina de agua permanente.
- Monitoreo y evaluación de insectos como el chinche de la espiga y grillos.

3.8 Etapa 7: Grano lechoso-pastoso (llenado de grano).

Esta etapa va desde el inicio de la antesis y la fecundación del ovario hasta que el contenido de los granos se llena, principalmente, con los carbohidratos (líquido lechoso) producidos en el proceso de fotosíntesis realizado por la hoja bandera y las dos hojas siguientes. Cerca de un 20-30% del llenado de la panícula corresponde al movimiento (removilización) de carbohidratos que han sido almacenados temporalmente en los tallos y las vainas de las hojas. A los cinco días después de la antesis los granos aún son de color verde. La panícula cuando se sostiene vertical se dobla en arco a  $90^\circ$  por el peso de los granos en el tercio superior de la panícula.

Posteriormente, la consistencia del grano se hace gradualmente pastosa suave, hasta que se endurece. El color del grano se torna amarillo verdoso. La panícula dobla su punta en arco de  $180$  grados y las ramas de la mitad del raquis a  $90$  grados formando un arco en su punta debido a que sus granos se incrementan en peso. Al finalizar esta etapa la planta alcanza su madurez fisiológica y en este momento el grano posee su máximo peso, calidad molinera y germinación, pero debido al alto contenido de humedad del grano aún no puede cosecharse.



Figura 16. Panículas de arroz en etapa de llenado de grano

Alta radiación solar ( $>450 \text{ cal/cm}^2/\text{dia}$ ) y noches frescas (temperatura mínima de  $20\text{-}22^\circ\text{C}$ ) son el clima ideal para que el llenado de la panícula se maximice. Condiciones desfavorables de clima causan vaneamiento de espiguillas y reducción del rendimiento final.

*Labores culturales relacionadas con esta etapa:*

- Se debe cuidar el manejo del agua del riego, ya que una condición de estrés aumenta el vaneamiento y disminuye el peso de granos individuales, afectando significativamente la productividad.
- Evitar la inundación que pueda causar volcamiento a la planta aun sin llegar a la maduración de los granos.
- Evitar aquellas épocas de fuertes vientos y lluvias ocasionan volcamiento

*Etapa 8: Grano maduro.*

Esta etapa ocurre 30-40 días después de la antesis o floración cuando la panícula, por el peso de los granos, se encuentra a  $180$  grados colgando del tallo. La hoja bandera y la siguiente pueden permanecer verdes o toman un color verde pálido de acuerdo a la variedad sembrada. Las espiguillas que no llenan conservan su color verde. Se considera la planta fisiológicamente

madura cuando el 90% de los granos han madurado y muestran un color amarillo pajizo. La producción de materia seca ha cesado y puede presentarse una pequeña disminución lo cual se acentúa al sobre madurar el grano por la dehiscencia del mismo.

Es importante realizar la cosecha en el momento oportuno que garantice la máxima productividad y calidad molinera del grano; los contenidos de humedad del grano para la recolección se encuentran entre 22-25.



Figura 17. Plantas de arroz en etapa de grano maduro

*Labores culturales relacionadas con esta etapa:*

- Se debe suspender el suministro de agua unos días antes de la cosecha para facilitar el movimiento de la combinada. El número de días depende de la capacidad de retención de humedad del suelo.
- Es de gran importancia calibrar la cosechadora para evitar pérdidas significativas de rendimiento.

### 3.10 Etapa 9: Senescencia:

Las plantas del arroz se desarrollan continuamente desde su germinación hasta su muerte. La senescencia es el último proceso del desarrollo que indica la finalización de la organización y funciones o la madurez de la planta.

Las hojas se tornan de color verde amarillento o amarillento y los granos de color amarillo o amarillo oro de acuerdo a la variedad.

Las hojas continúan degradándose, la humedad de grano continúa disminuyendo, hasta que la planta muere.

## 4. RELACIÓN CLIMA-CULTIVO DEL ARROZ:

### 4.1 Influencia de los factores climáticos en el arroz:

Existen diferentes factores del clima que tienen efecto sobre la planta de arroz, favoreciendo o perjudicando su crecimiento y la productividad del cultivo. La luminosidad, la temperatura, la precipitación, la humedad relativa y los vientos son los principales elementos del clima que tienen incidencia sobre el cultivo.

#### 4.1.1 Precipitación:

Es el factor climático más importante para la producción de arroz en las zonas de secano. En las regiones de riego es importante para el mantenimiento de las fuentes de agua sobre todo en las localidades más vulnerables en este aspecto como la Meseta de Ibagué o Valledupar.

La cantidad de agua que utiliza un cultivo del arroz es de unos 700 mm, bien distribuidos, para todo el ciclo. Sin embargo, se necesitan alrededor de 1000 mm de precipitación durante la temporada, ya que no toda el agua lluvia puede ser aprovechada por el cultivo. Se calculan unas pérdidas del 30%, aproximadamente. La cantidad de precipitación en el período del cultivo es importante, pero más relevante aún es la frecuencia con la cual

se presentan las lluvias en una región, de manera que se logre mantener un buen contenido de humedad en el suelo a lo largo de todo el ciclo de vida. Es necesario garantizar la disponibilidad del agua para el cultivo y evitar causar trastornos en los procesos de crecimiento y desarrollo de la planta, para lo cual debe tenerse en cuenta:

- Tener los registros históricos de precipitación en la región (figura 18).
- Estar atentos a los pronósticos climáticos.
- Construir infraestructura para el almacenamiento del agua.
- Mejorar las condiciones del suelo para mayor retención de humedad.
- Reducir los volúmenes de agua innecesarios en el cultivo

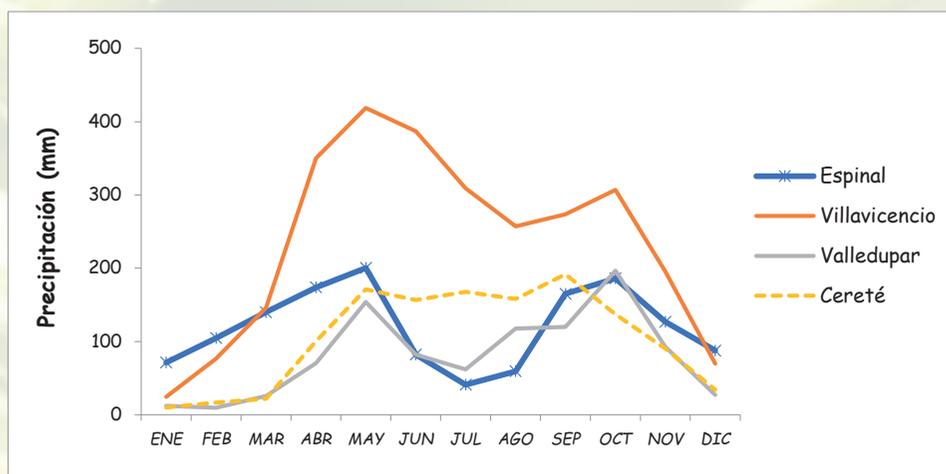


Figura 18. Promedio de precipitación de cuatro localidades arroceras (30 años). Fuente: IDEAM

#### 4.1.2 Luminosidad:

Le energía proveniente del sol es utilizada por las plantas para la fabricación de su propio alimento en un proceso conocido como fotosíntesis. En este proceso, las hojas de las plantas absorben la luz solar y dióxido de carbono de la atmósfera los cuales, sumados al agua absorbida por las raíces, son utilizados para la fabricación de carbohidratos y liberación de oxígeno al ambiente (figura 19). La fotosíntesis es el proceso más importante que se

desarrolla en nuestro planeta ya que es la base de la cadena alimenticia y, por ende, sostiene toda la vida en La Tierra.

El proceso de fotosíntesis se desarrolla en las hojas. La absorción de la luz solar se realiza gracias a la molécula de clorofila. Las cantidades de esta molécula en la hoja se pueden monitorear utilizando un medidor portátil llamado clorofilómetro o medidor SPAD. La cantidad de clorofila se encuentra muy relacionada con el contenido de nitrógeno en la hoja, de manera que la evaluación realizada con el clorofilómetro nos permite establecer la necesidad de realizar una fertilización con este elemento. En términos generales, los valores óptimos de SPAD para la mayoría de nuestras variedades se encuentran entre 36 y 38.

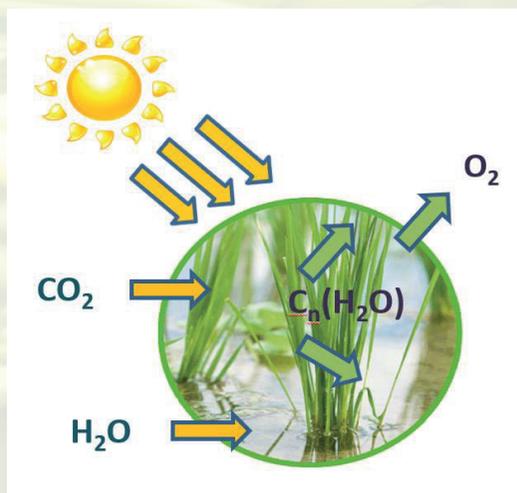


Figura 19. Proceso de fotosíntesis  
La planta absorbe luz solar, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O).  
Produce carbohidratos (C<sub>n</sub>(H<sub>2</sub>O)) y libera oxígeno (O<sub>2</sub>) al ambiente.

Los carbohidratos producidos en la fotosíntesis favorecen la producción de macollas, panículas de mayor tamaño y el llenado de la panícula.

En condiciones de alta luminosidad la tasa de fotosíntesis es mayor y esto les permite a las plantas producir más macollas, panículas de mayor tamaño y lograr un mejor llenado de grano.

El cultivo del arroz necesita energía solar durante todo su ciclo de vida, pero su requerimiento es mayor en las etapas finales del cultivo, sobre todo durante el llenado de grano ( $>450$  cal/cm<sup>2</sup>/día); en la etapa de macollamiento los requerimientos son menores (figura 20). Esta información resulta de gran importancia en la determinación de las épocas de siembra para el cultivo del arroz.

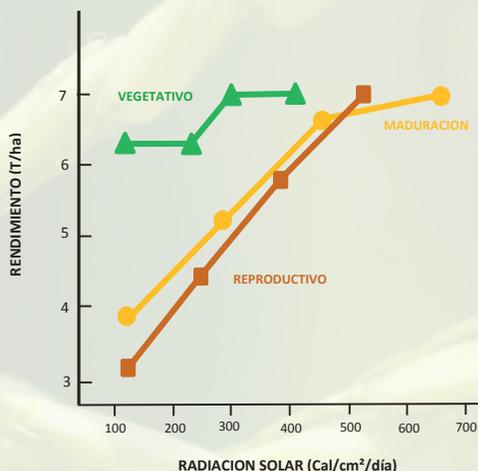


Figura 20. Relación entre la radiación solar y el rendimiento del arroz. Fuente: Yoshida (1978)

La luminosidad es uno de los factores climáticos que presenta mayor variabilidad a través del año. Es muy importante conocer el clima promedio de cada localidad, para establecer cuáles son los meses que presentan mayor probabilidad de presentar alta radiación solar. De igual forma, se debe estar atento a los pronósticos climáticos para conocer el clima que se espera que se presente, con mayor probabilidad, en los meses siguientes en cada región.

#### 4.1.3 Temperatura:

La temperatura es otro factor climático de gran influencia en el comportamiento del cultivo. Las temperaturas del día y de la noche, regulan diferentes procesos en la planta de arroz de los cuales depende en buena parte el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo.

Uno de los efectos principales de la temperatura sobre el cultivo tiene que ver con la duración del ciclo de vida. En zonas de temperatura más fresca

los ciclos de vida serán más largos porque los procesos internos de la planta son menos veloces. Por ejemplo: la duración del ciclo de vida de la variedad Fedearroz 67 en una zona cálida como Saldaña será entre 120 y 122 días, con respecto a una localidad más fresca como Ibagué donde el ciclo de vida será de 130 a 132 días.

Durante el día, las temperaturas tienen importante influencia en la tasa de fotosíntesis. Variedades colombianas como Fedearroz 67 y Fedearroz 473 pueden realizar de manera óptima este proceso a temperaturas cercanas a 34-35°C. Temperaturas superiores pueden reducir la tasa de fotosíntesis y afectar la producción de carbohidratos y, por tanto, afectar el crecimiento y la productividad del cultivo. Las variedades Fedearroz 60 y Fedearroz 174 presentan mayor susceptibilidad a altas temperaturas, de manera que se deben sembrar en regiones o épocas del año con temperaturas más bajas. La floración del cultivo es uno de los momentos más susceptibles a las condiciones de alta temperatura. Las plantas de arroz abren sus florecillas en horas de la mañana (9 a.m. – 12 M) para liberar el polen y se produzca la fecundación. Si durante ese período se presentan temperaturas superiores a 34°C el polen no es liberado y la espiguilla no se fecunda ocasionando vaneamiento (figura 21).

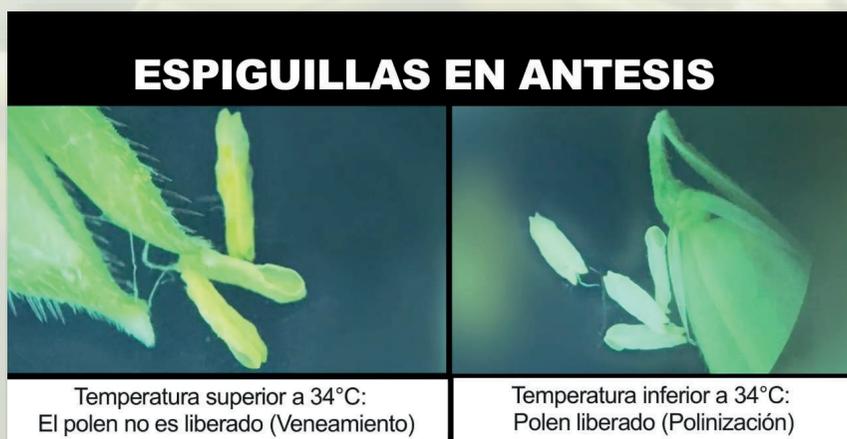


Foto: Gabriel Garcés

Figura 21. Espiguillas en antesis bajo dos condiciones de temperatura.

En la noche, las plantas realizan el proceso inverso a la fotosíntesis denominado respiración. Consiste en un intercambio gaseoso en el cual las plantas toman oxígeno y liberan dióxido de carbono. Durante la respiración, las plantas consumen parte de los carbohidratos que fueron fabricados durante la fotosíntesis, de manera que es un proceso que puede afectar el rendimiento del cultivo cuando su tasa es muy alta.

Si la temperatura de la noche es muy elevada, las plantas tendrán una mayor tasa de respiración, adicionalmente se producirán compuestos oxidantes que ocasionan daños en las células y se afectará la producción del cultivo. De esta manera, días con temperatura mínima superior a 23°C resultan perjudiciales para el rendimiento del arroz.

En nuestro país, la Meseta de Ibagué presenta las noches más frescas y favorables para la producción de arroz con valores de temperatura mínima alrededor de 21°C. Por el contrario, en localidades como Saldaña o Ambalema en el Tolima, Fundación-Magdalena, Aguachica-Cesar o Montería Córdoba, se registran valores de temperatura mínima superiores a 23°C, los cuales resultan limitantes para la productividad del cultivo.

El balance entre la Fotosíntesis y la Respiración determinará en gran parte el crecimiento y la productividad del cultivo. Por tal razón, días con valores de energía solar superiores a 450 cal/cm/día, temperaturas máximas de 32-35°C y temperaturas mínimas de 20-22°C resultan ideales para que las variedades puedan expresar su potencial productivo.

#### 4.1.4 Humedad relativa:

Este factor climático hace referencia a la saturación de vapor de agua en la atmósfera. Puede tener dos efectos en el cultivo:

Por una parte, si la humedad relativa es muy alta, significa que la atmósfera tiene mucha agua, en forma de vapor. Cuando la atmósfera se encuentra muy saturada de agua, con valores de humedad relativa superiores al 90%, se dificulta el movimiento del agua desde el suelo hacia la planta y dentro de la

misma planta, afectando la absorción de nutrientes y el suministro del agua requerida por la planta para diferentes procesos.

El movimiento del agua en la ruta suelo-planta-atmósfera se produce por una diferencia de potencial hídrico: el agua se mueve desde un punto de mayor potencial hídrico a un punto de menor potencial. De manera que, si la atmósfera está demasiado saturada de agua, no se producirá un diferencial de potencial hídrico y el agua no se moverá del suelo hacia la planta y la atmósfera. De igual forma, cuando las temperaturas son muy altas y la humedad relativa es baja, la planta puede perder mucha humedad a través de las hojas, de manera que se requiere de un buen contenido de humedad en el suelo para evitar que la planta se deshidrate. El proceso en el cual la planta pierde humedad a través de sus hojas y que gobierna el movimiento del agua dentro de la planta se llama transpiración.

Por otro lado, valores de humedad relativa superiores al 80% favorecen a la mayoría de organismos causantes de enfermedades en el cultivo, como hongos y bacterias

#### *4.2 Influencia de la época de siembra:*

La época de siembra debe definirse de manera que permita que el cultivo disfrute de adecuadas condiciones climáticas que favorezcan su crecimiento, desarrollo y productividad.

La adecuada selección de la época de siembra es uno de los aspectos que más incidencia tienen en el rendimiento del cultivo y debe ser tenida en cuenta por los productores.

Las etapas fenológicas que presentan mayor susceptibilidad a condiciones climáticas adversas son la floración, el embuchamiento y el llenado de grano. Es importante definir la época de siembra de manera que estas etapas fenológicas críticas no sufran condiciones estresantes de clima que podrían afectar el rendimiento. En las etapas de embuchamiento y floración, las noches calientes tienen efectos negativos que conducen a esterilidad de grano. De

igual forma, altas temperaturas ( $>34^{\circ}\text{C}$ ) en el momento de la apertura floral ocasionan vaneamiento. Durante la fase maduración del cultivo, días con temperatura máxima superior a  $35^{\circ}\text{C}$  y temperatura mínima superior a  $23^{\circ}\text{C}$  afectarán la tasa de llenado de grano y reducirán el rendimiento del arroz.

Los datos históricos de rendimiento permitirán definir las épocas que ofrezcan mayor posibilidad de obtener buenos rendimientos (figura 22). Fedearroz maneja este tipo de información y puede ser consultada por los productores y asistentes técnicos.

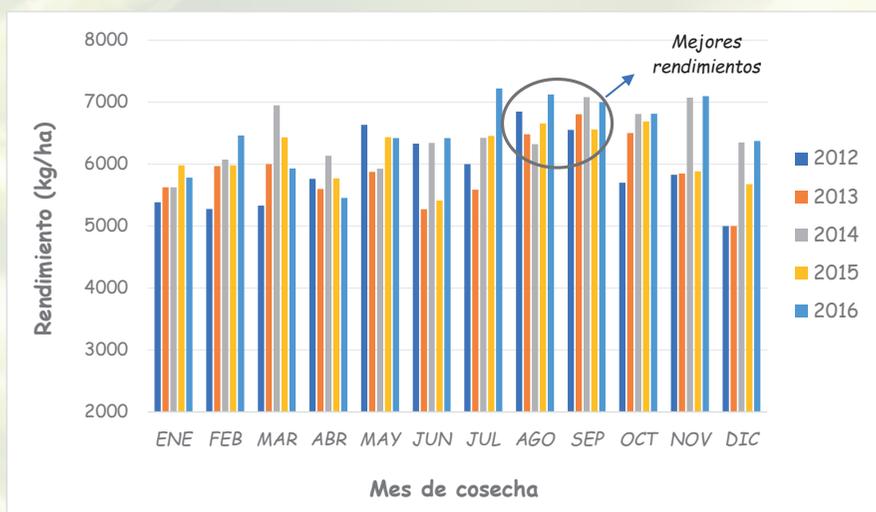


Figura 22. Rendimiento histórico promedio mensual del arroz. Saldaña, 2012-2016.

Fuente: Fedearroz

Por otro lado, es importante saber de la climatología de la región (promedio histórico) para determinar cuáles son las épocas del año que tradicionalmente ofrecen las mejores condiciones de clima para el cultivo.

Estar atentos a las predicciones climáticas, las cuales nos permiten anticiparnos a cualquier situación de clima adverso que pudiera afectar nuestro cultivo y adoptar medidas de contingencia. Actualmente, Fedearroz dispone de herramientas que le permiten pronosticar el comportamiento

del cultivo con base en el clima predicho para los siguientes meses, lo que se conoce como Predicciones Agroclimáticas.

Cada variedad de arroz presenta un comportamiento particular con respecto al clima. Es necesario consultar con investigadores y asesores técnicos acerca de las mejores épocas de siembra para cada variedad, ya que algunas son más exigentes o más susceptibles a determinados factores climáticos. Las variedades que presentan menos cambios en su comportamiento a pesar de la fluctuación de los factores del clima son consideradas más estables. Un ejemplo de este tipo de variedades es la Fedearroz 2000. Sin embargo, existen otras variedades que, a pesar de tener un mejor comportamiento en ciertas épocas del año, son alternativas de siembra en los dos semestres como son Fedearroz 67 y Fedearroz 68.

En zonas donde se siembra el arroz irrigado como el Tolima, se ha encontrado que las épocas de siembra más aconsejables son aquellas en las cuales las etapas finales del cultivo coinciden con períodos de mayor radiación solar. En el caso de las zonas de arroz seco, la precipitación será el factor climático determinante en la definición de las mejores épocas de siembra. Estas conclusiones se han alcanzado gracias a la recolección y análisis de datos de cosecha que realiza Fedearroz desde hace varios años y el análisis de los ensayos de Épocas de Siembra que se vienen adelantando en diferentes localidades del país.

#### *4.3 Predicciones agroclimáticas para el cultivo del arroz:*

De la misma forma que es muy importante conocer la climatología (tendencia histórica) de una región, resulta de gran importancia estar al tanto de la predicción climática para los siguientes meses.

La predicción climática muestra cuál es el clima más probable que se puede presentar a lo largo de los próximos meses en una región o localidad, información que es muy útil para tomar decisiones con respecto al cultivo. Es importante entender que el pronóstico climático está asociado a una probabilidad y puede tener mayor o menor incertidumbre de acuerdo con

las señales que logren detectar los meteorólogos para realizar su predicción. La figura 23 nos muestra la predicción de precipitación para la localidad de Villavieja en el departamento del Huila. La predicción se expresa en términos de la probabilidad que existe de que llueva dentro de la media histórica para esa región (Normal), por encima (Exceso) o por debajo (Déficit) de ese valor. Cuando la probabilidad de que llueva Normal, en Exceso o de manera Deficitaria es similar (como se observa para el mes de noviembre), existe mucha incertidumbre en la predicción, es decir, no hay señales claras de lo que puede suceder con ese factor climático.

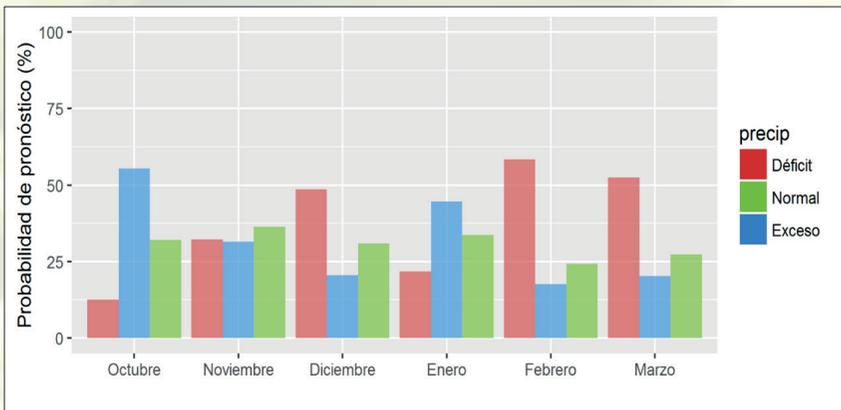


Figura 23. Predicción probabilística de precipitación para Villavieja-Huila.

A partir de la predicción probabilística se genera la predicción determinística para la precipitación y las demás variables climáticas (figura 24). Las barras en los gráficos representan la media histórica de ese factor climático para la localidad de Villavieja. Las líneas corresponden al rango de posibles valores que puede registrar cada variable de acuerdo a la predicción climática; si existe una gran distancia entre la línea superior y la inferior significa que existe mucha incertidumbre en el pronóstico para esa variable climática.

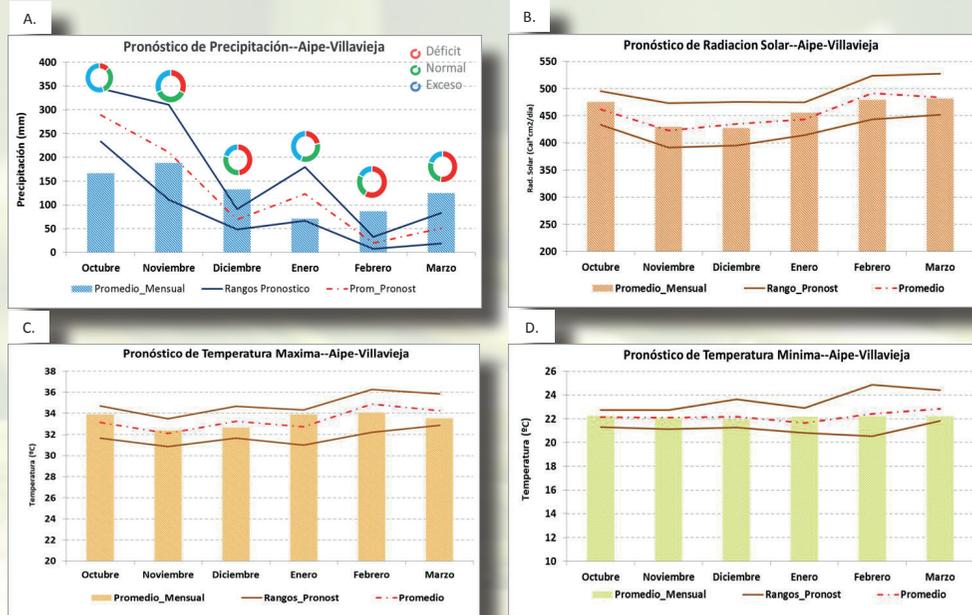


Figura 24. Predicción climática determinística para la localidad de Villavieja-Huila. (A. Precipitación; B. Radiación solar; C. Temperatura máxima; D. Temperatura mínima)

En la actualidad, existen modelos que nos permiten simular en computador el comportamiento y el rendimiento del cultivo del arroz (Oryza2000, Aquacrop, APSIM). Son herramientas que nos permiten estimar cuál sería el rendimiento de un cultivo de arroz bajo unas condiciones de clima, suelo y manejo determinadas. Gracias al trabajo interinstitucional que se ha adelantado desde hace varios años (Convenio MADR-FEDEARROZ-CIAT) se ha venido calibrando el modelo Oryza2000, para las variedades y condiciones de cultivo colombianas. Esta herramienta, sumada a la predicción climática, nos permitirá tomar mejores decisiones en cuanto a la fecha de siembra y la selección de la variedad para las diferentes localidades arroceras. Observemos un resultado que arroja una simulación agroclimática para el clima predicho en la localidad de Villavieja-Huila (figura 25), la mejor época de siembra se sitúa hacia finales del mes de octubre y se espera un mejor comportamiento de las variedades Fedearroz 2000 y Fedearroz 60 con respecto a Fedearroz 733.

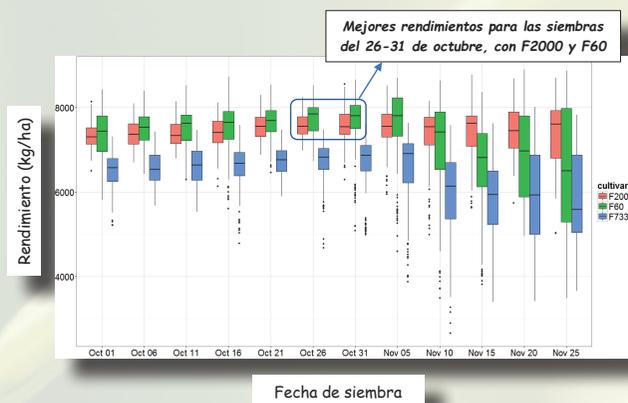


Figura 25. Pronóstico de rendimiento para tres variedades de arroz en Villavieja-Huila.

## 5. MANEJO DEL AGUA DE RIEGO:

La planta de arroz tiene la capacidad de crecer en condiciones de inundación, es decir, en ausencia de oxígeno en el suelo. El arroz ha desarrollado estructuras llamadas aerénquimas que le permiten llevar, desde las hojas, el oxígeno necesario para la actividad de las raíces (figura 26).

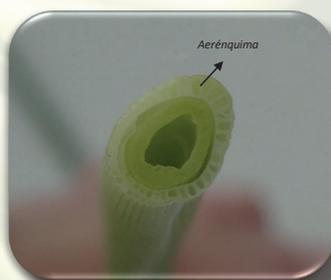


Foto: Gabriel Garcés

Figura 26. Corte transversal del tallo y la vaina del arroz, con sus estructuras aeríferas

El establecimiento de una lámina de agua favorece el control de malezas, ya que impide la germinación de nuevos individuos. Sin embargo, está demostrado que la actividad metabólica de las raíces es mejor cuando se dispone de mayor cantidad de oxígeno en el suelo, es decir, cuando la humedad del suelo es inferior a la saturación y permitimos que circule una mayor cantidad de oxígeno. Por tal razón, en ciertos períodos del cultivo

como el macollamiento y el desarrollo de la panícula resulta conveniente retirar la lámina de agua y permitir que circule el aire por los poros del suelo, eso sí, conservando un adecuado nivel de humedad para el cultivo (figura 27). El buen manejo de herbicidas preemergentes puede contribuir en la reducción de la cantidad de agua en el lote en las etapas iniciales sin que se presente la emergencia de nuevas malezas en el cultivo.

En condiciones de altas temperaturas no es conveniente disponer de una lámina de agua estática en los lotes arroceros. Lo recomendable es realizar riego por mojes, de manera que se conserve una buena humedad en el suelo, sin que se caliente de manera exagerada y afecte negativamente las plantas de arroz.



Figura 27. Cultivo en etapa de macollamiento.  
Riego intermitente.

#### 6. MANEJO NUTRICIONAL DEL CULTIVO:

Suplir adecuadamente los requerimientos nutricionales del cultivo es un aspecto que tiene gran influencia en el crecimiento y la producción de arroz. Es importante conocer los requerimientos de nutrientes que tiene cada variedad de arroz para alcanzar su mejor desempeño en una región, así como la cantidad de nutrientes que puede aportar el suelo. Por tal razón, el análisis de suelos es una herramienta fundamental para diseñar adecuadamente el plan de fertilización del cultivo. Actualmente el programa SIFAWEB (sistema de fertilización en el cultivo del arroz, disponible en la página web), desarrollado por Fedearroz, facilita la interpretación de los resultados del análisis de suelos y contribuye en la generación del plan de fertilización para el cultivo.

Los elementos nutrientes deben estar disponibles en el momento en que el cultivo los necesite, de manera que es importante conocer la forma en que el cultivo absorbe cada elemento y la dinámica que tiene cada uno de ellos en el suelo. Teniendo en cuenta lo anterior, se ha logrado determinar que es conveniente aplicar el nitrógeno en todos los fraccionamientos de la fertilización. El fósforo debe ser aplicado en las etapas iniciales del cultivo, preferiblemente aplicado en presembrado incorporado (cuando se tiene buena disponibilidad de agua). El potasio se puede fraccionar en la mayoría de fertilizaciones, mientras que elementos como azufre, calcio y magnesio pueden ser aplicados en los abonamientos iniciales a intermedios. Los elementos menores se deben aplicar en presembrado o en las etapas iniciales del cultivo.

El número total de fraccionamientos de la fertilización dependerá de factores como la textura del suelo, la disponibilidad de agua, la duración del ciclo de cultivo y la cantidad total de fertilizante que será aplicado: suelos arenosos requerirán de un mayor número de fraccionamientos, mientras que los arcillosos requerirán menos fraccionamientos. Cuando se dispone de buen contenido de humedad también se pueden reducir el número de fraccionamientos. Variedades de ciclo más largo requerirán mayor número de fraccionamientos para reducir las pérdidas de fertilizante.

Estudios realizados por Fedearroz han demostrado que se deben realizar ajustes a las dosis de algunos nutrientes de acuerdo al clima. En condiciones de baja luminosidad, se ha encontrado que se puede reducir la dosis de nitrógeno ya que la respuesta del cultivo no será la misma, mientras que la de fósforo debe ser incrementada para que el cultivo tenga un mejor comportamiento. Bajo condiciones de altas temperaturas, se puede reducir la cantidad de nitrógeno aplicado; por el contrario, un incremento en las dosis de fósforo y potasio tiene impacto favorable en el metabolismo de la planta y permite regular la pérdida de agua por las hojas (transpiración).

## 7. EFECTO DE LOS HERBICIDAS EN LA PLANTA:

Los herbicidas son una importante herramienta para el manejo de arvenses en el cultivo. Sin embargo, hay que tener claro que no son la única alternativa,

sino una más dentro de un grupo de estrategias de manejo integrado. La utilización de herbicidas debe ser muy técnica y racional, siempre orientada por un Ingeniero Agrónomo.

Los herbicidas pueden ocasionar efectos muy diferentes en las plantas de arroz y afectar de forma diferencial su metabolismo: algunos de ellos pueden ser transformados rápidamente por la planta en sustancias inocuas; mientras que otros herbicidas requieren un mayor gasto de energía de la planta para degradarlos y pueden llegar a afectar el crecimiento y desarrollo del cultivo, así como la productividad final. Para entender mejor estos procesos consulte la cartilla de manejo de malezas en el programa Amtec.

La aplicación de herbicidas debe realizarse en las dosis adecuadas y en el momento oportuno. En términos generales, no se recomiendan aplicaciones de herbicidas después de los 30 días de la emergencia del cultivo ya que podrían dañar el primordio floral, estructura que se convertirá en la panícula del arroz. Si el cultivo se ve afectado por una aplicación inadecuada de herbicidas durante los primeros días de cultivo puede presentarse mortalidad de plantas; si la afectación por herbicidas se presentara durante la etapa de macollamiento, puede verse reducido el número final de macollas que producirá el cultivo.

La pérdida de selectividad del cultivo hacia un herbicida puede ser alterada por mal manejo de estos agroquímicos y condiciones ambientales, por ejemplo, las dosis de Propanil deben ser ajustadas de acuerdo a la radiación solar y temperatura en la zona en donde está establecido el cultivo.

La estrategia más recomendada para el control de malezas es la preemergencia, ya que evita que las malezas le quiten recursos al cultivo como el agua, la luz y los nutrientes y se evitan posibles daños que herbicidas posemergentes puedan causar a las plantas de arroz. Adicionalmente, los herbicidas postemergentes presentan menores riesgos de generación de resistencia con respecto a los productos de acción postemergente.

Resulta conveniente consultar con los productores de semilla cuál es la reacción que tienen sus variedades a los herbicidas más comunes del

mercado, para realizar un correcto manejo que no afecte la productividad del cultivo.

## 8. PÉRDIDA DE ÁREA FOLIAR:

Las plantas de arroz pueden presentar pérdida de parte de su área de hojas sin que se vean afectados los rendimientos del cultivo. Las hojas pueden reducir su área en un 40-50%, por acción de insectos u otras actividades mecánicas, sin que se presenten reducciones en el rendimiento del cultivo. El porcentaje de hoja restante logra suplir el trabajo de la fracción perdida. Trabajos realizados por Fedearroz han confirmado este concepto (figura 28). Este concepto es importante en la determinación de umbrales de daño de insectos, ya que las plantas pueden tolerar cierta cantidad de pérdida de follaje, sin que sea necesario recurrir a una aplicación de agroquímicos.

Existen prácticas culturales para el manejo de poblaciones de arroz rojo y malezas que implican realizar cortes en el estrato superior del cultivo (macoqueo, guachapeo) para eliminar hojas superiores y espigas de las plantas indeseables. Se debe tener cuidado de no realizar cortes en las plantas de nuestro cultivo que superen el 40-50% del área de la hoja para no afectar la productividad del arroz.



Figura 28. Efecto de la pérdida de área de la hoja bandera y la primera hoja sobre los rendimientos de la variedad Fedearroz 50. Fuente: A. Cuevas (Fedearroz).

## BIBLIOGRAFIA:

Alvarado, O., Garcés, G., Restrepo, H. 2017. Physiological response of rice seedlings (*Oryza sativa* L.) subjected to different periods of two night temperatures. *Journal of stress physiology & biochemistry*, 13 (1): 35-43.

Arial, S. 2012. Rainfall and water requirement of rice during growing period. *The Journal of Agriculture and Environment*, 13: 1-4.

Castilla, A. et al. 2010. Cambio climático y producción de arroz. *Arroz*, 58 (489): 4-11.

Clavijo, J. 1989. Análisis del Crecimiento en malezas. *Revista Comalfi*, 6: 12-16.

Cuevas, A. 2006. Efecto del corte de las hojas bandera y siguiente sobre el rendimiento de variedades de arroz. *Arroz*, 54 (461): 25-30.

Degiovanni, V. et al. 2010. Índices fisiotécnicos, fases de crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. En: *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina Tomo 1*, 24 capítulos. CIAT PP. 487. Cali-Colombia.

Delerce S, Dorado H, Grillon A, Rebolledo MC, Prager SD, et al. 2016. Assessing weather-yield relationships in rice at local scale using data mining approaches. *PLOS ONE* 11(8): e0161620. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161620>  
Fernández, F. 1985. Crecimiento y etapas de desarrollo de la planta de arroz. En *Arroz: Investigación y producción*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali-Colombia. Pp. 83-101.

Garcés, G., Castilla, A. 2015. Uso del clorofilómetro como estrategia en la fertilización nitrogenada en el cultivo del arroz. *Arroz*, 63 (517): 34-43.

Garcés, G., Restrepo, H. 2015. Growth and yield of rice cultivars sowed on different dates under tropical conditions. *Ciencia e investigación agraria*, 42 (2): 217-226.

González, et al. 2009. El cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) Presentación Internet. 43 diapositivas.

Meir, U. 2001. Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas. BBCH Monografía. Segunda Edición, 2001. Conferencia Internet. Pp.149.

Reyes, L.A. 2002. Sistema uniforme y objetivo para expresar el desarrollo del arroz. En: Manejo integrado del cultivo del arroz en Colombia. Fedearroz-Fondo Nacional del Arroz. Pp. 101-111.

Salisbury y Roos, 2000. Crecimiento y desarrollo de las Plantas. Pp. 45-68.

Salive, A. 2002. Fenología de las variedades de arroz Fedearroz 2000 y Colombia XXI bajo las condiciones de Lérída-Tolima en primer semestre de 2000. En: Manejo integrado del cultivo del arroz en Colombia. Fedearroz-Fondo Nacional del Arroz pp. 89-100.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International rice research institute. Los Baños, Filipinas.

Terminó de imprimirse  
en noviembre de 2018 en



Bogotá, DC, Colombia  
editorialmvb@gmail.com



**FEDEARROZ**  
FONDO NACIONAL DEL ARROZ

ISBN: 978-958-69927-0-2



9 789585 992702