

Gabriel Donoso,
Mario Paredes

Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo del arroz

Cómo incide el frío en el rendimiento en grano y esterilidad floral del arroz

En Chile, el arroz es cultivado con temperaturas que están por debajo del mínimo necesario. En estas condiciones, la planta de arroz se ve afectada por un estrés debido al frío, lo cual incide dramáticamente en los rendimientos del cultivo. En la Figura 1, se muestran los promedios de temperaturas mínimas de 30 años en Chillán, presentes durante el cultivo del arroz. Además, se muestran las temperaturas mínimas de la temporada 2009-2010, que se caracterizó por ser especialmente fría. Se observa que las temperaturas mínimas promedio están por debajo de las temperaturas críticas definidas para este cultivo, en especial del inicio de macolla en adelante.

El frío afecta el desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta de arroz. Los principales efectos del frío en estas etapas son el retraso en el desarrollo del cultivo, la pérdida de plantas en el campo y la esterilidad floral. La etapa reproductiva es la más sensible, donde temperaturas medias menores a 20°C, afectan el desarrollo y la viabilidad del grano de polen generando esterilidad floral. Esto puede causar pérdidas sobre un 60% en el rendimiento (Alvarado, 1999). El daño por frío se puede manifestar desde el segundo hasta el quinto día posterior al evento de frío. El principal daño se produce a nivel

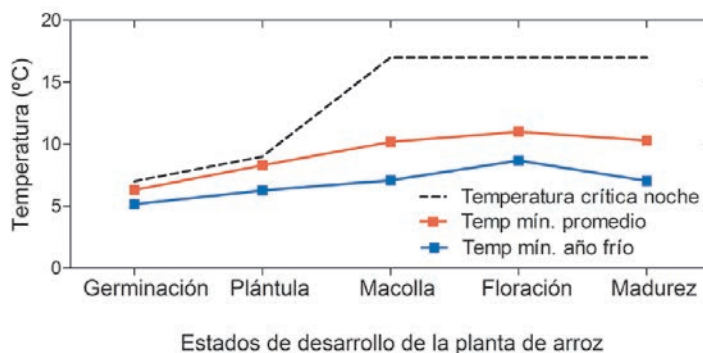


Figura 1. Temperaturas mínimas promedio en Chillán durante la temporada de arroz en Chile. La línea punteada representa las temperaturas críticas nocturnas para el cultivo del arroz (---). En color rojo (■) se muestran las temperaturas mínimas promedio de 30 años en Chillán y en azul (■) las temperaturas mínimas de una temporada de bajas temperaturas (2009-2010). Fuente: Estación meteorológica del departamento de recursos hídricos de la Universidad de Concepción, sede Chillán.

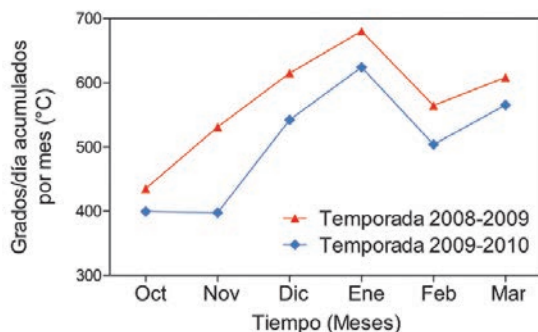
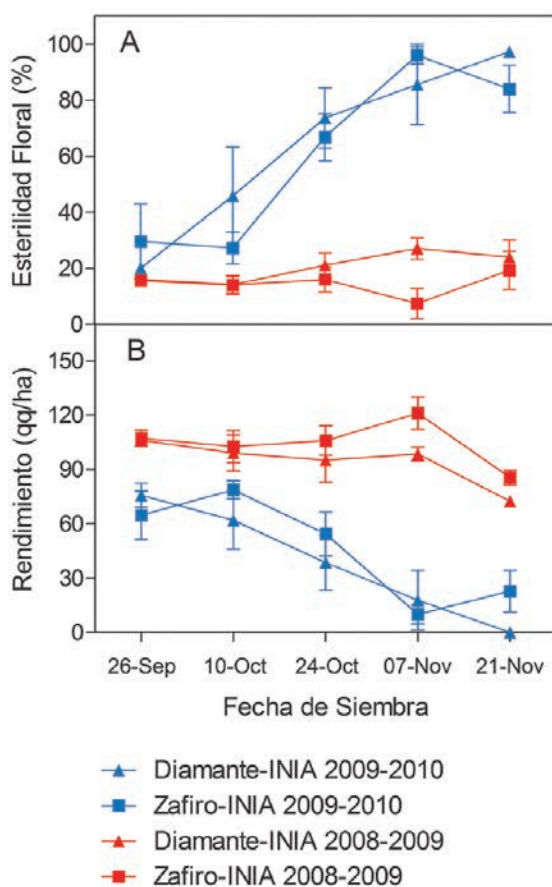


Figura 2. Grados día acumulados mensualmente en la temporada 2008-2009 (normal) y 2009-2010 (frío) en Chillán. La línea roja corresponde a la acumulación de temperatura de la temporada 2008-2009 y la línea azul de la temporada 2009-2010.



de las anteras, especialmente, durante el desarrollo temprano del polen en la etapa de microspora juvenil cuando la planta está en bota. Lo anterior implica un desarrollo incompleto del polen el cual queda estéril. Un trabajo realizado por Alvarado (1999), donde muestra resultados obtenidos entre los años 1989/1990 y 1997/1998, indica que los principales efectos de la baja temperatura durante este periodo fueron: un aumento del periodo de siembra a cosecha en Diamante-INIA de 91 a 129 días y en Oro de 89 a 126 días y una esterilidad floral cercana a un 70%, cuando las temperaturas están bajo los 17°C. Para disminuir los daños provocados por el frío en esta etapa, se debe sembrar temprano y además se puede aumentar la altura de la lámina de agua alcanzando los 20 cm. Sin embargo, una disminución de este daño será más eficiente en la medida en que se desarrollen variedades con mejores niveles de tolerancia al frío. Por tal motivo, anualmente se realiza un monitoreo del comportamiento (rendimiento, esterilidad, y calidad del grano) de las variedades de interés comercial para el país y de las futuras variedades. Con este fin, el programa de arroz realiza siembras de arroz en fechas diferentes lo que representa diferentes condiciones climáticas. Dentro de los resultados obtenidos, cabe mencionar la temporada 2008-2009 considerada normal y la temporada 2009-2010, la cual fue particularmente fría para el cultivo del arroz. Al analizar la acumulación de temperatura, calculada en base a la suma de los promedio de temperatura diarias, se observa que durante la temporada fría en noviembre (etapa vegetativa) se acumuló 100°C menos que la temporada normal y 50°C menos en el resto de los meses (Figura 2).

En tales condiciones la esterilidad floral para las variedades Diamante-INIA y Zafiro-INIA, fue de un 20% cuando se sembró temprano y de un 90% cuando se sembró en noviembre (Figura 3 A). Por otro lado, en el año normal la esterilidad floral fue casi constante, con un 20% en todas las épocas. En el caso del rendimiento, se observó que en la tempo-

Figura 3. Efecto de la época de siembra y un año frío en la esterilidad floral y rendimiento en el arroz en Chile. Las barras de error corresponden al error estándar de tres repeticiones.

rada considerada como baja normal estuvo entre 100 qq/ha y 70 qq/ha, disminuyendo progresivamente con la fecha de siembra (Figura 3 B). Por otro lado, en el año frío el rendimiento estuvo entre 75 qq/ha y 10 qq/ha, disminuyendo drásticamente en siembras realizadas en noviembre.

Además se observó que durante la temporada fría la fecha de floración se incrementó en un promedio de 19 días sobre una temporada considerada normal. Esto confirma que la baja acumulación térmica alargó la etapa vegetativa del cultivo, retrasando la fecha de floración. Este efecto tiene consecuencias muy negativas para el cultivo, ya que causa que la floración, que normalmente ocurre durante la segunda quincena de enero, suceda en febrero incrementando la probabilidad de fríos nocturnos.

Estrategias para la disminución del daño por frío

Los efectos del frío en la planta de arroz pueden ser mitigados mediante una siembra temprana (Figura 4). Lo anterior permite que el cultivo llegue a las etapas de floración y maduración en fechas con temperaturas y radiación solar diaria adecuadas (Figura 5). Por ello, se recomienda que se siembre hasta el 19 de octubre, después de lo cual existe una mayor probabilidad de menores rendimientos, principalmente si la temporada es fría. Además, se sabe que cuando las siembras son realizadas después del 10 de noviembre se corre el riesgo de perder aproximadamente 1 qq/ha de arroz por día de retraso. En resumen, fechas de siembra tempranas tienen mejores rendimientos debido a que favorecen que la planta de arroz llegue



Figura 4. Resumen de recomendación de fecha de siembra para el arroz en Chile. Las fechas en color verde son las óptimas para obtener los mejores rendimientos en este cultivo.

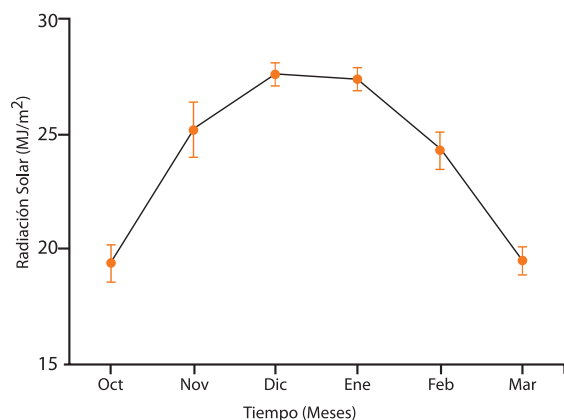


Figura 5. Promedio de la radiación solar en el periodo de desarrollo del arroz en Chile. Los datos fueron obtenidos desde estaciones meteorológicas de la red Agrometeorológica de INIA cercanas al sector arrocero (<http://agromet.inia.cl>). Cada punto corresponde al promedio mensual de la radiación solar de tres temporadas (2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013). Las barras de error corresponden a la desviación estándar.

a la etapa de floración con los niveles máximos de temperatura y radiación solar, cuyo máximo en el país se presenta entre diciembre y enero (Figura 5). En cambio, fechas de siembras tardías (después del 6 de noviembre) favorecen el retraso de la floración hasta febrero, cuando tanto la temperatura como la radiación solar comienzan a disminuir.

Efectos de la época de siembra en la calidad industrial

La calidad industrial en el arroz depende de la época de siembra. Se ha observado que siembras realizadas en octubre logran una mejor calidad industrial en comparación con siembras realizadas posteriormente. Por ejemplo, siembras realizadas en noviembre pueden perder hasta 64% de grano entero por hectárea, lo que se ve acentuado por la presencia de un mayor porcentaje grano verde y manchado.

Proyecciones

El Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA) y el Laboratorio de Biotecnología, ambos de INIA, se encuentran trabajando en la caracterización de las variedades presentes en el mercado nacional y de las futuras variedades. Lo anterior, con el fin de incrementar aún más los niveles de tolerancia al frío presentes en nuestras variedades de arroz en la etapa

vegetativa y reproductiva (Figura 6). Para ello, se ha desarrollado algunos trabajos de investigación, como el proyecto FONDEF titulado: “Nuevas estrategias en la generación de variedades de arroz tolerantes a frío y resistentes a herbicidas”, en conjunto con las empresas Tucapel, Carozzi y BASF, y el proyecto FONDECYT titulado: “Caracterización de genotipos de arroz tolerantes y susceptibles a las bajas temperaturas en el estado vegetativo y reproductivo: un paso esencial y complementario para la selección asistida por marcadores en un programa de mejoramiento de arroz”. En estos proyectos se han evaluado y seleccionado líneas experimentales tolerantes a bajas temperaturas en las etapas de germinación, plántula y reproductiva.

Conclusiones

La correcta elección de la época de siembra puede mitigar en gran medida los efectos del clima en el cultivo del arroz. Se recomienda sembrar desde los primeros días del mes de octubre hasta el 19 de octubre. Posteriormente, existe un riesgo asociado a pérdidas en el rendimiento lo cual dependerá de las temperaturas de la temporada. Los límites relacionados con la época de siembra para el arroz en Chile, apoyan el desarrollo de investigación relacionada a la generación de variedades con mayor tolerancia al frío en etapas tempranas del desarrollo y mayor precocidad, con el fin de ampliar las fechas límite para la siembra.



Figura 6. Efecto de las bajas temperaturas al estado vegetativo y reproductivo. (A-T) La planta tolerante no sufre daño visible. (A-S) Daño foliar en planta susceptible al frío, observado a los 7 días posteriores a la exposición a 5°C durante 72 horas en la etapa de plántula. (B) Daño por frío en la panícula posterior a la exposición por 32 horas a 5°C en etapa de bota.