

# ¿Cómo afecta el déficit de fósforo y la sequía el desarrollo fenológico de trigos invernales?

Editores: Sebastián Meier, Arturo Morales, Rafael López-Olivari  
INIA Carillanca

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO INIA CARILLANCA Nº 144

La agricultura actual es dependiente del uso de fertilizantes, sin los cuales la producción mundial de alimentos se reduciría a la mitad. A diferencia del nitrógeno, que puede ser fijado biológica e industrialmente desde la atmósfera, un reservorio prácticamente infinito, los fertilizantes fosfatados se fabrican a partir de rocas fosfatadas que tienen reservas limitadas. El fósforo (P) es un elemento crucial para el desarrollo normal de las plantas, sin embargo, por su poca movilidad en el suelo resulta en una absorción deficiente por parte de las plantas. Estudios previos sugieren que la disponibilidad de P afecta el crecimiento y arquitectura del sistema radical. Es por esto, que la aplicación de P promovería ajustes morfológicos, fisiológicos y bioquímicos que también ayudarían a la adaptación de las plantas frente a la sequía.

No obstante, existe poca información de cómo la sequía y bajas concentraciones de P en el suelo afectarían el desarrollo fenológico de trigos invernales en el sur de Chile. En dicho contexto, este informativo tiene por objetivo presentar antecedentes de evaluaciones realizadas en INIA Carillanca, respecto al efecto de la restricción de agua y de fósforo en la fenología de trigos invernales.

Para esto se utilizaron las variedades Chevignon, Kirón INIA, Dollinco INIA y Maxwell, las cuales fueron sembradas en macetas utilizando un suelo volcánico con un bajo contenido de P ( $4 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ , tratamiento denominado -P). Adicionalmente, el suelo fue enriquecido hasta alcanzar un nivel adecuado

de  $30 \text{ mg P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$  (tratamiento denominado +P) usando superfosfato triple. La fertilización con otros nutrientes (nitrógeno, potasio, magnesio, azufre, entre otros) fue provista para cumplir con un alto objetivo productivo.

Adicionalmente, dos tratamientos de riego fueron aplicados: +W (bien regado) y 30% de agua aplicada a +W (-W, con restricción de agua). El agua de riego aplicada para +W se determinó utilizando el concepto de agua del suelo total disponible (ATD; mm), fracción de agotamiento del agua del suelo (p) y agua del suelo fácilmente disponible (AFT; mm). En este estudio, se utilizó un valor de  $p = 0,55$  para el trigo. Se aplicó agua a +W cuando se perdió el 55% de ATD de la profundidad efectiva de enraizamiento dentro de una maceta. Para evaluar los contenidos de agua del suelo se utilizaron sensores de humedad y de potencial matricial del suelo.

Las plantas fueron cultivadas en condiciones controladas en un invernadero establecido en INIA Carillanca. Las etapas fenológicas del trigo se registraron durante todo el período de crecimiento, utilizando la escala de Feekes.

## Efecto del estrés combinado fósforo-agua en la fenología de trigos invernales

Los genotipos de trigo mostraron diferencias en su crecimiento y desarrollo en respuesta a condiciones limitantes de P y agua (Figura 1-4). Bajas concentraciones de P produjeron un retraso en el desarrollo fenológico de la planta, que fue

especialmente marcado durante las primeras etapas de crecimiento (períodos vegetativos). En particular, la sola deficiencia de P (suelo con 4 mg  $P_2O_5$   $kg^{-1}$ ) produjo un retraso para alcanzar el estado de plena macolla de 97; 111; 101 y 105 días en los cultivares Chevignon, Kirón INIA, Dollinco INIA y Maxwell respectivamente.

Lo anterior, fue más evidente en condiciones de estrés hídrico y bajas concentraciones de P (-W-P). En dichos tratamientos, las plantas presentaron un retraso adicional de 10 días para alcanzar el

estado fenológico de plena macolla (Figuras 1-4). No obstante, cuando se impuso solamente la restricción hídrica (En presencia de altas concentraciones de P, -W+P) no se produjeron retrasos significativos en la fenología del cultivo. Es más, en ciertos estadios (especialmente reproductivos), se observó que el déficit hídrico induce una leve aceleración en la fenología de la planta. En este particular, al iniciar los períodos reproductivos se observó una menor diferenciación entre los tratamientos con alto P y agua versus aquellos en condiciones restrictivas de ambos componentes.

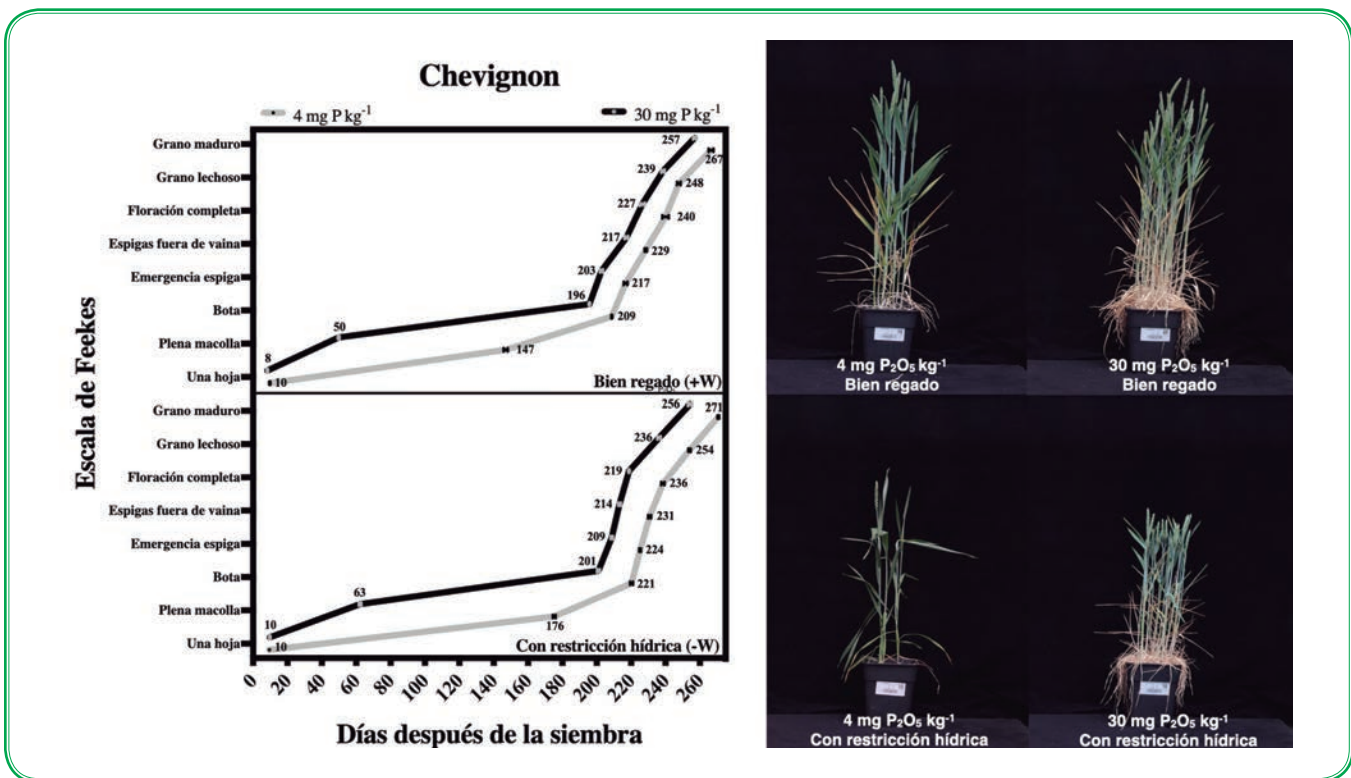


Figura 1. Etapas de crecimiento del cultivar Chevignon evaluadas bajo dos condiciones de riego (Bien regado, +W y con restricción hídrica, -W = 30% del agua aplicada a +W) y dos concentraciones de P (Bajo P: 4 mg  $P_2O_5$   $kg^{-1}$  y enriquecido a 30 mg  $P_2O_5$   $kg^{-1}$ )

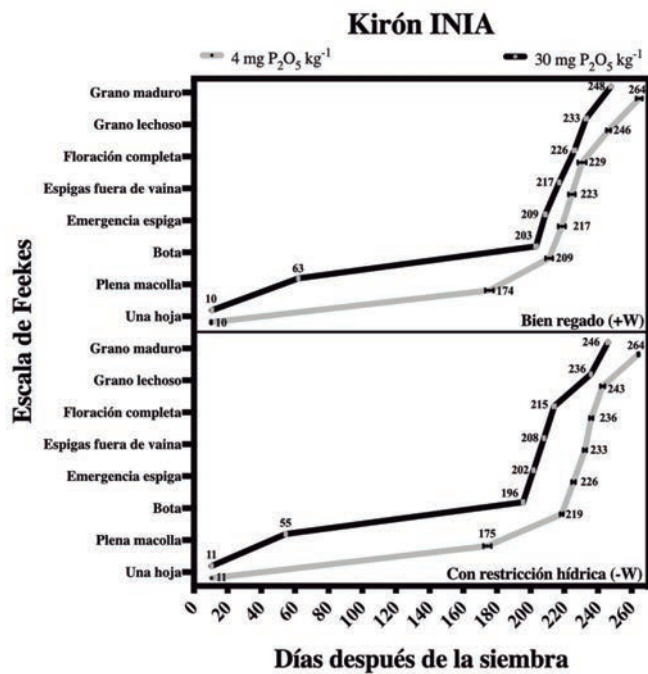


Figura 2. Etapas de crecimiento del cultivar Kirón INIA evaluadas bajo dos condiciones de riego (Bien regado, +W y con restricción hídrica, -W = 30% del agua aplicada a +W) y dos concentraciones de P (Bajo P: 4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> y enriquecido a 30 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>)

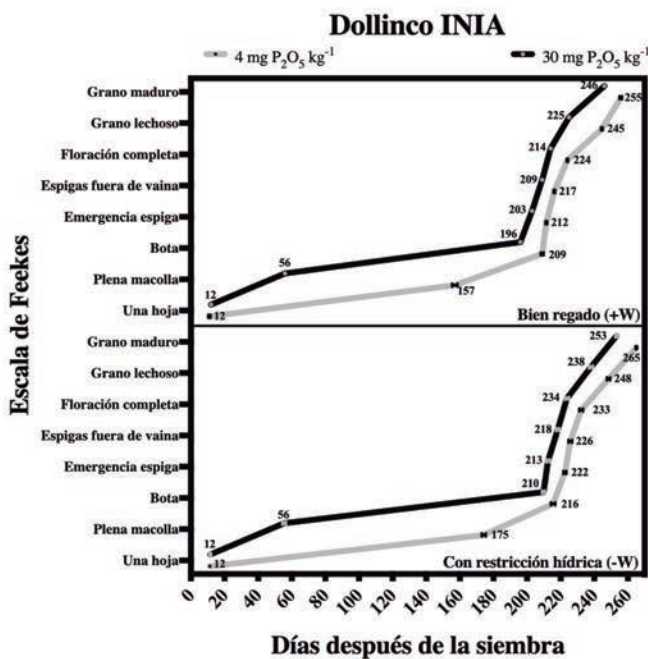


Figura 3. Etapas de crecimiento del cultivar Dollinco INIA evaluadas bajo dos condiciones de riego (Bien regado, +W y con restricción hídrica, -W = 30% del agua aplicada a +W) y dos concentraciones de P (Bajo P: 4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> y enriquecido a 30 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>)

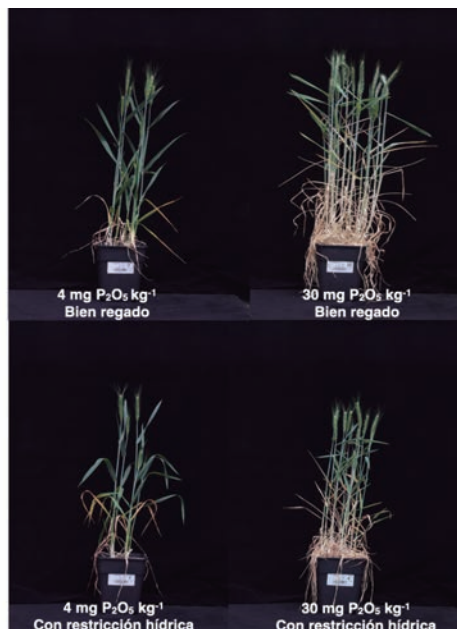
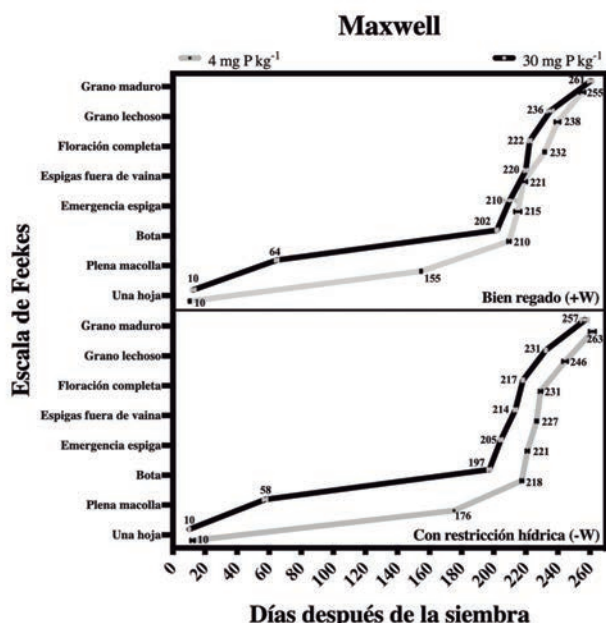


Figura 4. Etapas de crecimiento del cultivar Maxwell evaluadas bajo dos condiciones de riego (Bien regado, +W y con restricción hídrica, -W = 30% del agua aplicada a +W) y dos concentraciones de P (Bajo P: 4 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup> y enriquecido a 30 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kg<sup>-1</sup>)

### Consideraciones finales

La restricción de P en cultivares de trigos invernales de altos rendimientos produce un retraso en el desarrollo del cultivo, especialmente marcado en los períodos vegetativos iniciales de la planta (Días necesarios para alcanzar el estado fenológico de plena macolla). Dichos retrasos alcanzan en promedio 100 días entre los tratamientos en condiciones óptimas de P y agua (+W+P), versus aquellos con restricción de ambos componentes (-W-P).

Por otro lado, la sola deficiencia de agua produce retrasos leves en la fenología del cultivo (Media de 10 días en los cultivares utilizados) y en algunas etapas reproductivas acelera el desarrollo reproductivo de la planta (Desde el estadio de bota en adelante). Por lo anterior, el factor que más afecta el desarrollo del cultivo es una baja concentración de P en el suelo, por sobre la restricción hídrica. La información

provista en este informativo es de importancia, ya que muestra que las deficiencias de P producen retrasos en el crecimiento y desarrollo de la planta, los cuales afectan los componentes de rendimiento y por ende la producción del cultivo. Por lo anterior, es imprescindible un buen manejo de la fertilización fosfatada y la gestión hídrica para obtener rendimientos competitivos en este cultivo.

**Para mayor información consultar:** Meier, S., Moore, F., Morales, A., Jobet, C., López-Olivari, R., Aponte H., Cartes, P., Campos, P., Khan, Naser. 2021. Interactive role between phosphorus utilization efficiency and water use efficiency. A tool to categorize wheats co-adapted to water and phosphorus limiting conditions. *Agricultural water management*. 248. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106765>

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando la fuente y el autor. La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.

Más información: Sebastián Meier R., (sebastian.meier@inia.cl), +56 45 2297100  
 INIA Carillanca, km 10 Camino Cajón-Vilcún - Casilla 929 - Temuco

[www.inia.cl](http://www.inia.cl)

