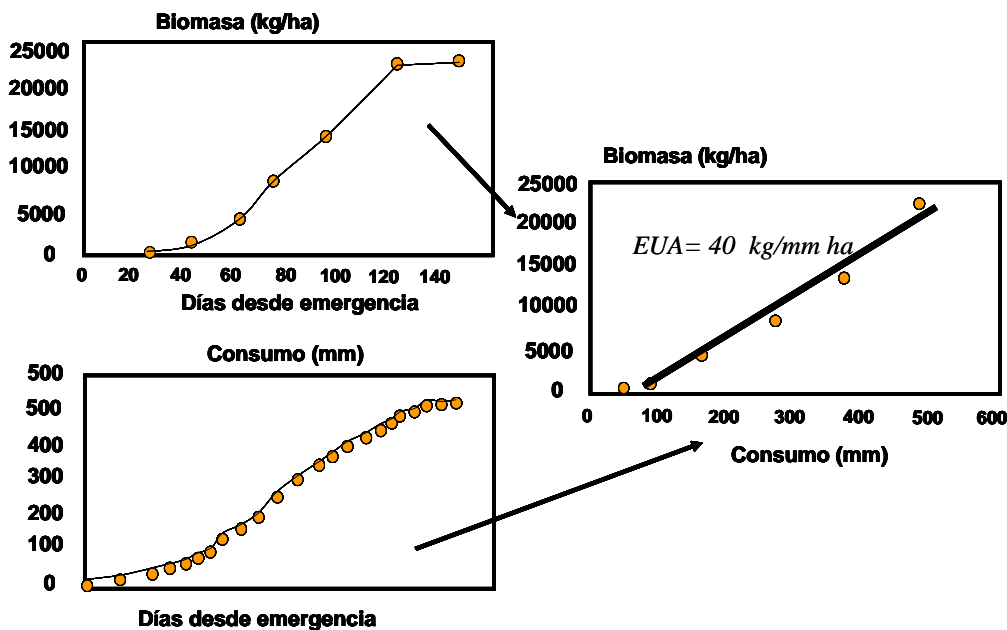


### Introducción

El rendimiento de un cultivo depende de aquellos factores (*temperatura y foto-período, gobernando al desarrollo, y radiación y temperatura afectando al crecimiento*) que definen su rendimiento potencial, y de los factores que limitan la expresión de dicha potencialidad (*agua, nutrientes y adversidades*).

El cultivo de maíz en Argentina es conducido mayormente en condiciones de secano con aportes de fertilización. Por lo tanto, el agua es el principal recurso limitante. Su alimentación hídrica se basa fundamentalmente en las precipitaciones ocurridas durante el barbecho precedente y el ciclo del cultivo. Existe una estrecha relación entre el agua consumida por el cultivo y la producción de biomasa (Figura 1). La pendiente de dicha relación indica la eficiencia con la cual el cultivo transforma el agua consumida en crecimiento, es decir la eficiencia en el uso del agua.

**Figura 1.** Evolución temporal de la producción de biomasa y del consumo de agua de un cultivo de maíz (Der.) y la relación entre ambas variables (Izq.). La pendiente de la relación entre la biomasa y el consumo indica la eficiencia en el uso del agua. Fuente: Andrade et al. 1996.

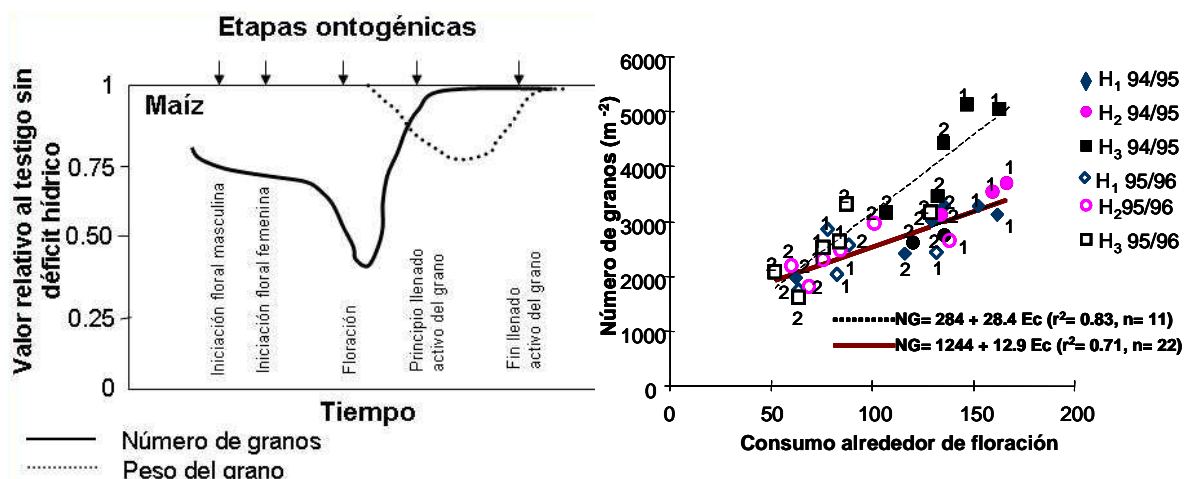


Considerando que cerca del 50% de la producción de biomasa del cultivo se encuentra en los granos, un maíz que alcanza un rendimiento cercano a los 120q/ha, habría producido aprox. 250 q/ha de biomasa total (25000 kg/ha). Asumiendo la eficiencia en el uso del agua de la Figura 1, el consumo total alcanzaría unos 600 mm.

A pesar de la estrecha relación entre el consumo y la producción de biomasa o rendimiento, los períodos de restricción hídrica (o estrés) alrededor de la floración femenina (desde 15 días antes a 15 días después de la visualización de los estigmas), son los de mayor impacto en el número de granos, principal componente del rendimiento (Figura 2 Izq.). Por lo tanto es importante mediante el manejo de la fecha siembra, no ubicar este período crítico en los momentos del año con mayor probabilidad

de ocurrencia de déficit hídricos. Es por ello que el número de granos por unidad de superficie guarda estrecha relación con el consumo alrededor de floración (Figura 2 Der.).

**Figura 2.** Izq. Variaciones del número y del peso de los granos según el momento de déficit hídrico (Fte. Hall, 1984). Der. Número de granos de 3 híbridos de maíz durante dos campañas en función del consumo de agua alrededor de la floración femenina (Fte. Cárcova et al., 2000).



### Fecha de siembra y manejo del agua en maíz

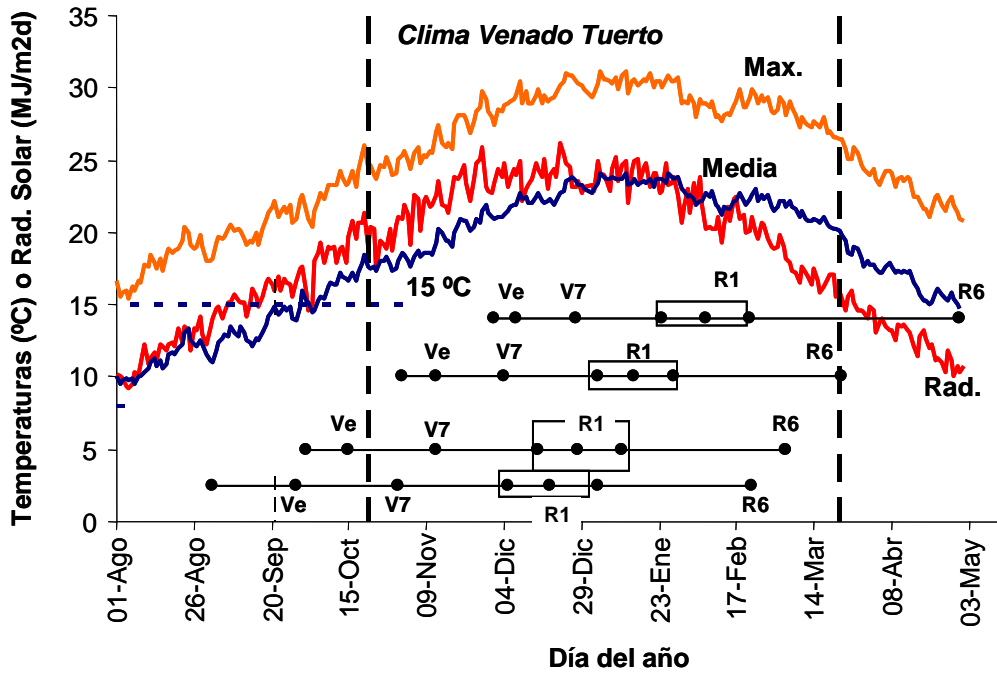
El manejo de la fecha de siembra de un cultivo puede impactar tanto en el agua almacenada en el suelo durante el barbecho previo, como en la oferta durante su ciclo y en especial durante el período crítico de floración.

#### Almacenamiento de agua durante el barbecho previo:

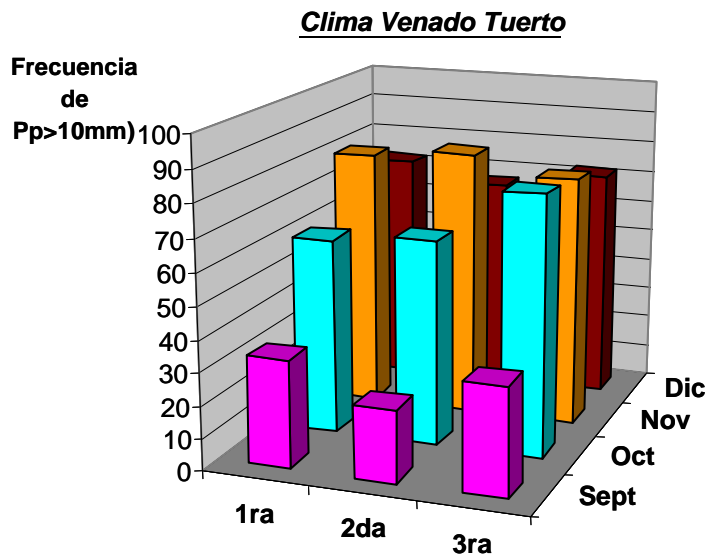
El antecesor más común del cultivo de maíz en la Región Pampeana es la soja, la cual deja de consumir agua al igual que todos los cultivos anuales, en madurez fisiológica. Dicho estado determina el inicio del barbecho, extendiéndose hasta la siembra del cultivo siguiente. En el caso del cultivo de maíz, la oportunidad de siembra surge en función de tres variables: la temperatura media del suelo superior a 15°C, que asegura una emergencia rápida y uniforme, la posibilidad de contar con agua en los primeros centímetros del perfil que permita lograr un buen stand de plantas y la no ocurrencia de heladas desde el estado previo a la encañazón del cultivo, estado de 7 hojas liguladas (V7).

Tomando como ejemplo el clima de la localidad Venado Tuerto, las siembras de principios de Septiembre, prolongarían mucho la etapa siembra-emergencia por las bajas temperaturas del suelo y expondrían al cultivo a heladas en las primeras etapas (Figura 3). Con las siembras de Diciembre las heladas tempranas podrían interrumpir el llenado de los granos. Con respecto a contar con humedad para poder sembrar, el mes de Septiembre posee las probabilidades (<35%) más bajas de ocurrencia de precipitaciones que permitan humedecer la cama de siembra (Figura 4). Desde principios de Octubre, la probabilidad de ocurrencia asciende por arriba del 60%.

**Figura 3.** Marcha de la temperatura media y máxima del aire, y de la radiación solar en la localidad de Venado Tuerto. Las líneas punteadas verticales indican la fecha de ocurrencia de la última y de la primera helada. Las líneas llenas horizontales ejemplifican el largo del ciclo de un híbrido de maíz de madurez relativa 125, sembrado a principios de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre. Los redondeles indican la siembra, la emergencia (Ve), el inicio de encañazón (V7), la floración femenina (R1) y la madurez fisiológica (R6). Los rectángulos señalan las duraciones del período crítico.

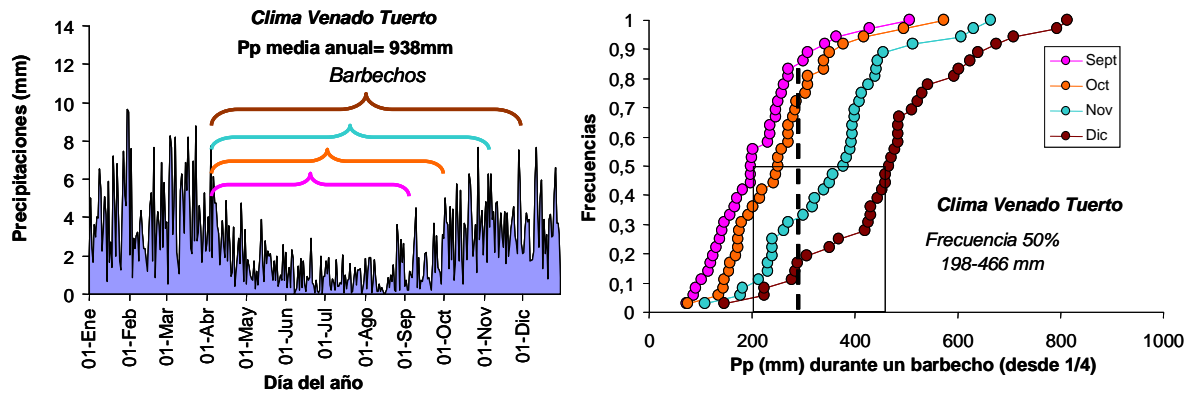


**Figura 4.** Frecuencias de precipitaciones >10mm en distintas decenas de los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.



Asimismo, debido al régimen de lluvias iso-higro, con menor concentración durante el invierno, el atraso en la fecha de siembra hacia la primavera incrementa la probabilidad de acumular agua en el suelo (Figura 5 Izq.).

**Figura 5.** Izq. Histograma de precipitaciones medias a lo largo del año en Venado Tuerto. Las llaves ejemplifican el largo de barbecho para un cultivo de maíz con antecesor soja, ante distintas fechas de siembra. Der. Frecuencias de ocurrencias de precipitaciones acumuladas desde el 1 de Abril hasta las distintas fechas de siembra del maíz. La línea vertical define un umbral por encima del cual los suelos estarían cargados.



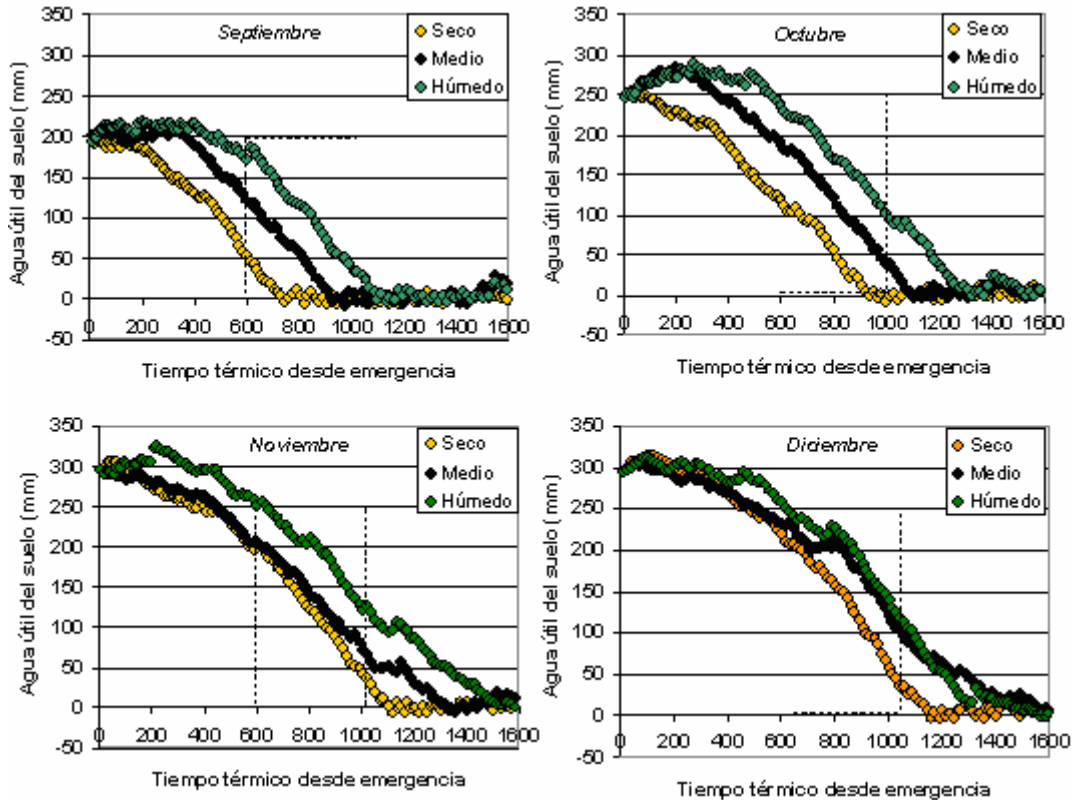
Para poder estimar la factibilidad de lograr un perfil cargado a la siembra, debemos además conocer la capacidad de almacenamiento de los suelos. Si no incluimos aquellos con muy altos tenores de arena, se puede asumir que por cada metro de profundidad un suelo retiene entre 110 y 140mm de agua útil (entre capacidad de campo y punto de marchites). Para cargar estos suelos, las precipitaciones deberían exceder la capacidad de campo de los mismos. Considerando que sin restricciones al crecimiento de raíces, el maíz puede extraer agua en una profundidad cercana a los dos metros, las lluvias durante el barbecho deberían resultar superiores a los 250-300mm para cargar estos suelos. Tomando la variabilidad interanual de las precipitaciones, el atraso de la fecha de siembra incrementa la probabilidad de partir con perfiles cargados (Figura 5 Der.). Como se observa, en el 50% de los años, las variaciones en el total de precipitaciones acumuladas durante los barbechos oscilan entre los 198 y 466 mm por cambios en la fecha de siembra. Las fechas de Septiembre lograrían perfiles cargados en menos del 20% de los años, las de Octubre en el 30% y las demás fechas en más del 70%. Estas probabilidades asumen barbechos limpios, con baja incidencia de la radiación sobre el suelo que aumenten las pérdidas por evaporación y un mínimo de escurrimiento, tal como se logra con las cubiertas de rastrojo en los sistemas de siembra directa.

#### *Oferta de agua durante el ciclo y alrededor de floración:*

El consumo de agua del cultivo de maíz se sustenta durante gran parte de su ciclo del agua almacenada en el perfil durante el barbecho. Sin embargo, la misma no resulta suficiente para la necesidad total del cultivo. Así para un consumo cercano a los 600mm, cerca de la mitad provendría del agua útil del suelo a la siembra, y el resto de las lluvias durante el ciclo. Es por ello que es muy frecuente encontrar perfiles de suelo cercanos al punto de marchites permanente en floración (Cárcova et al., 2000; Otegui et al., 1995), con lo cual la cantidad de lluvias caídas alrededor de este período explican gran parte de las diferencias interanuales y espaciales del rendimiento alcanzado (Calviño et al., 2003). En función de la variabilidad interanual de la oferta de agua (precipitaciones durante el barbecho y durante el cultivo), y del consumo se puede

calcular la evolución del agua útil del suelo durante el ciclo de los cultivos en cada una de las fechas de siembra analizadas (Figura 6).

**Figura 6.** Evolución del agua del suelo durante el ciclo de los cultivos de maíz en cuatro fechas de siembra en la localidad de Venado Tuerto, en años secos, medios y húmedos. Las líneas verticales indican el período crítico alrededor de floración y el valor cero el punto de marchites permanente (pmp).



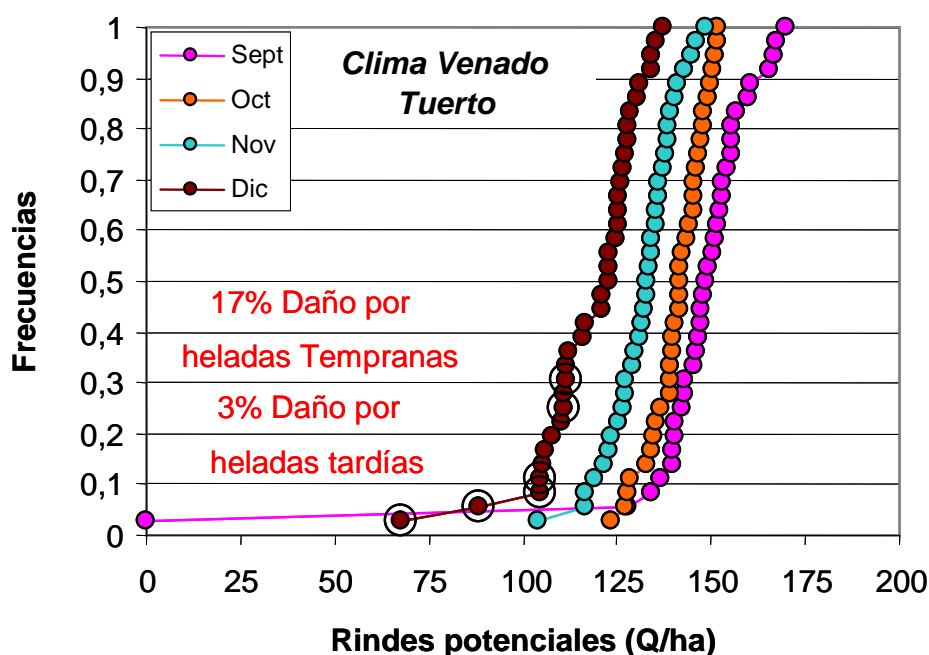
Así, los maíces sembrados a principios de Septiembre, en años secos y medios experimentarían alrededor de floración ofertas de agua del suelo cercanas al punto de marchites (pmp). Los de principios de Octubre, llegarían a la floración con una oferta de agua > pmp, tanto en años húmedos como en años medios. En los años secos, los valores de agua permanecerían cercanos al pmp. Los maíces de Noviembre y Diciembre crecerían con las mayores ofertas de agua del suelo, aún en años secos.

Por lo tanto desde el punto de vista hídrico los *maíces tempranos* de principios de Octubre y los de Noviembre y los *maíces tardíos* de Diciembre resultarían menos limitados por agua en esta localidad que los de principios de Septiembre. Las variaciones entre años, sin embargo, se reflejarían en menor medida en los maíces de Noviembre y Diciembre. Antes estos escenarios surgen las siguientes preguntas: ¿cuánta potencialidad se estaría perdiendo por un atraso en la fecha de siembra? y ¿hasta cuánto demorar la fecha de siembra de un *maíz tardío*?

Debido a la marcha diaria de la radiación y la temperatura y a las variaciones interanuales de estos dos registros climáticos, existen cambios en el nivel de rendimiento potencial entre fechas de siembra y años (Figura 7). Como se puede

observar, los niveles de rendimiento potencial caen ante un atraso en la fecha de siembra, aunque la disminución se hace más pronunciada desde las fechas de principios de Noviembre. En los maíces de Septiembre el 3% de los años ocurriría una helada tardía que mataría al cultivo (rinde cero). En el caso de las siembras de principios de Diciembre, cerca del 17% de los años ocurrirían heladas tempranas que interrumpirían el llenado de los granos. Sin embargo, un cambio en la madurez relativa del cultivar podría reducir este riesgo.

**Figura 7.** Frecuencias de rendimientos potenciales de maíz ante cambios en la fecha de siembra en Venado Tuerto. Las diferencias entre fechas y años están dadas sólo por las variaciones de la radiación y temperatura y el daño por heladas. Los círculos indican los rendimientos de los cultivos dañados por heladas durante el llenado.



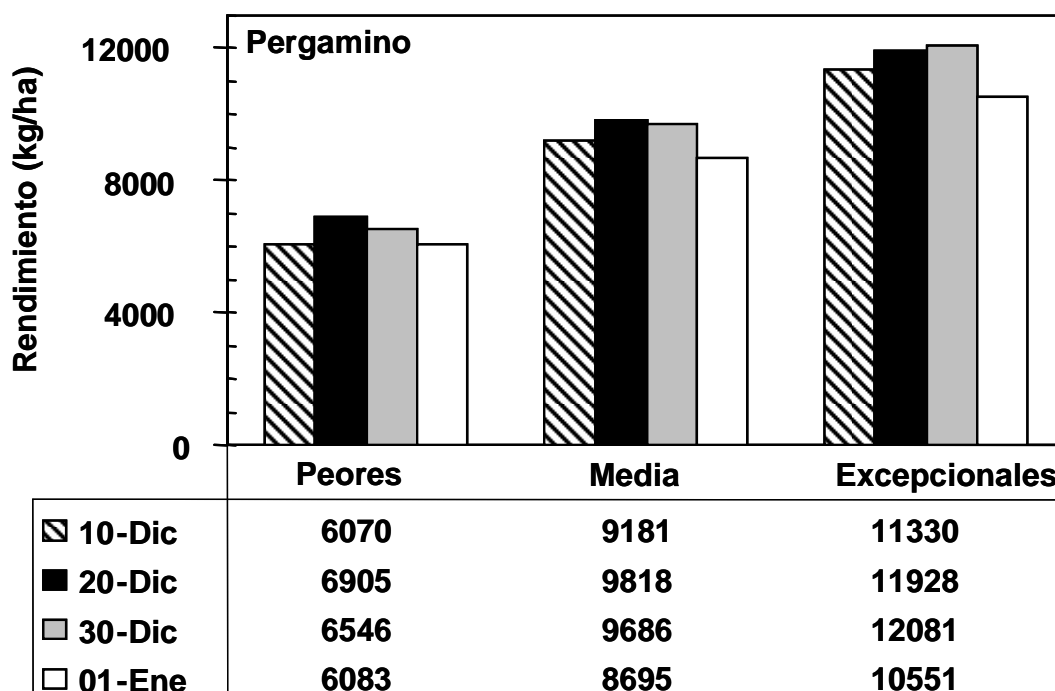
Si logramos reducir el riesgo de heladas durante el llenado, ¿hasta que momento demorar las siembras de un *maíz tardío*?. Tomando la información generada en la localidad de Pergamino, para *maíces tardíos de secano* (Figura 8), las siembras no deberían avanzar más allá del 20 de Diciembre para no perder rendimiento, tanto en años medios como en años de baja calidad ambiental. En los años excepcionalmente buenos, se podría demorar hasta el 30 de Diciembre.

## Conclusiones

La fecha de siembra es una herramienta de gran impacto sobre la alimentación hídrica del cultivo de maíz. La misma no solo define la posibilidad de partir con un perfil cargado de agua a la siembra, sino también la cantidad de agua útil durante el período crítico del cultivo. Partir con un perfil cargado al inicio del cultivo independiza más al cultivo de las variaciones en la oferta de precipitaciones durante el ciclo.

La posibilidad de poder contar con registros diarios climáticos zonales, resulta de utilidad para cuantificar las probabilidades del impacto de un cambio en la fecha de siembra.

**Figura 8.** Rendimientos simulados para maíces tardíos de secano en Pergamino, en distintas fechas de siembra, y condiciones de año (peores años, años medios y mejores años). Extraído de Otegui



### Referencias

- Andrade, F., A.G. Cirilo, S. Uhart, y M.Otegui. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. Dekalb. Press.
- Calviño, P. A., F. H. Andrade, y V. O. Sadras. 2003. Maize yield as affected by water availability, soil depth, and crop management. *J.* 95:275–281.
- Cárcova, J., G.A. Maddonni, y C.M. Ghersa. 2000. Long-term cropping effects on maize: crop evapotranspiration and grain yield. *Agron. Journal* 92: 1256-1265.
- Hall, A. 1984. Tolerancia al stress hídrico en maíz: bases fisiológicas y morfológicas. En: Asociación de Ings. Agrs, Norte de la provincia de Buenos Aires (eds), Actas III Congreso nacional de maíz. Conferencias, pp 11-23.
- Otegui, M.E, F.H. Andrade, E.E. Suero. 1995b. Growth, water use, and kernel abortion of maize subjected to drought at silking. *Field Crops Res.* 40:87-94.
- Otegui, M.E., Mercau, J.L. y Menéndez, F.J. 2002. Estrategias de manejo para la producción de maíz tardío y de segunda. En: E.H. Satorre (ed.), Guía Dekalb del Cultivo de Maíz. Servicios y Marketing Agropecuario, Argentina. ISBN 987-20358-0-6. pp. 170-184.