

ASPECTOS DE LA ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY:  
II. IMPORTANCIA DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LA PRODUCTIVIDAD

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>

INTRODUCCION

En las condiciones del Este del país, de relativa marginalidad térmica para el cultivo de arroz (32 a 34 grados latitud Sur), se conoce la importancia de la fecha de siembra como primer medida de manejo para ubicar el desarrollo fenológico del cultivo en concordancia con la esperada oferta ambiental (Blanco y Pérez de Vida 1994). En un cultivo bajo riego, los parámetros de temperatura y radiación son los más relevantes a tener en cuenta para ajustar la demanda biológica por el cultivo y la oferta que esperamos del ambiente. En este sentido es conocida la respuesta varietal de las diferentes variedades en las condiciones del Este del país; destacándose la mayor adaptación de INIA Tacuarí a condiciones de siembra tardía (Blanco et al, 1993). Con información de la empresa SAMAN cubriendo el periodo de las zafras agrícolas 1995/96 a 2009/10, se analiza la distribución del área de siembra.

FECHAS DE SIEMBRA

En el periodo considerado y para todo el país, se destaca que las siembras se han concentrado en su mayor parte en los meses de octubre y noviembre, siendo menor la realización de siembras en septiembre y diciembre, por diferentes motivos (Figura 1). La siembra muy temprana se ve limitada por condiciones ambientales (exceso de humedad y baja temperatura en los suelos), mientras que las tardías se evitan por la mayor incidencia de bajas temperaturas y menor disponibilidad de radiación afectando las condiciones de crecimiento del cultivo en etapas de concreción del rendimiento.

En los 60 días de octubre y noviembre se ha concentrado el 88% del área de siembra. El rendimiento nacional se correlacionó correlación fue más significativa con el área

sembrada tardiamente (2da quincena de noviembre + 1era de diciembre,  $r = -0,660$ ,  $P=0,0054$ ) (Figura 2). El signo negativo es indicador del efecto adverso en el rendimiento de la siembra tardía.

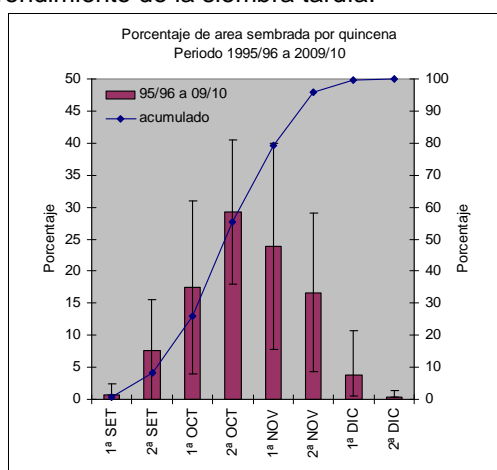


Figura 1. Distribución quincenal promedio del área de siembra nacional en la serie 1995/96 a 2009/10.

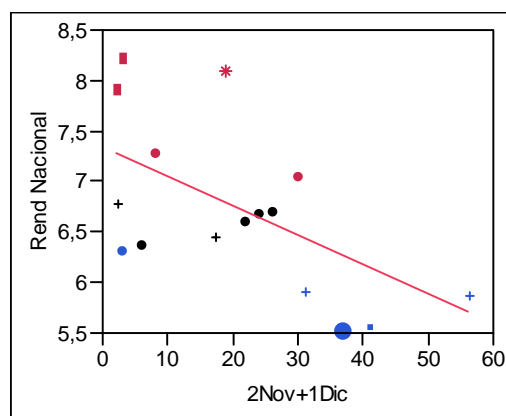


Figura 2. Regresión del rendimiento nacional con porcentaje del área de siembra tardía (2da quincena de noviembre [2Nov] + 1era quincena de diciembre [1Dic]).

Más de un 20% del área de siembra nacional se ubicó en promedio del periodo en fechas subóptimas para el posterior desarrollo del cultivo (Figura 1). En dos años de la serie se sembró aprox. un 20% del área en el mes de diciembre. La segunda quincena de

<sup>1/</sup> Técnico INIA Treinta y Tres

noviembre con una media de 17% presenta registros de generosa amplitud (2 a 40%). Estas variaciones en las fechas de siembra del cultivo fuera del período óptimo, serían indicativos de la variabilidad climática – régimen de lluvias- en la primavera. De este modo el porcentaje de siembra tardía (2nov+1dic) se relacionaría causalmente al nivel de precipitaciones del mes de noviembre (pp nov,  $R^2=0,330$ ,  $P=0,0316$ , modelo seleccionado por método Stepwise) (Figura 3).

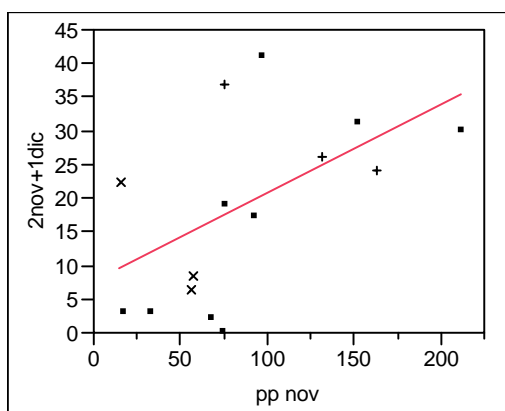


Figura 3. Regresión de porcentaje del área de siembra tardía (2da quincena de noviembre + 1era quincena de diciembre) con nivel de precipitaciones en el mes de noviembre, en la serie 1995/96 a 2009/10.

La relación de los rendimientos nacionales con la distribución del área de siembra se aprecia en figuras 4 y 5.

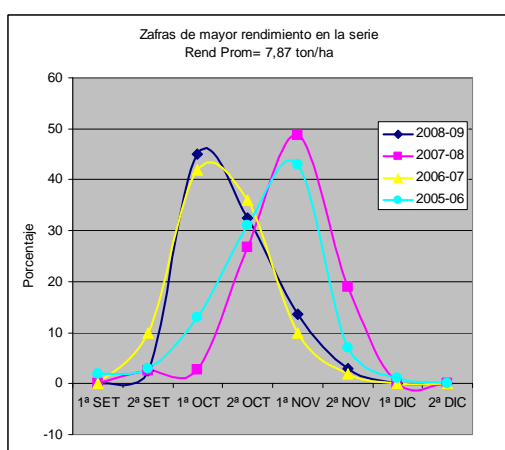


Figura 4. Porcentaje de área de siembra por quincena, en años de alta productividad en la serie 1995/96 a 2009/10. Datos de todo el país. (Fuentes: SAMAN, DIEA)

Los cuatro años de más alto rendimiento (promedio 7,87 ton/ha, figura 4) presentan mayores porcentajes de área sembrada en octubre e inicios de noviembre, en cambio las zafras menos productivas (rendimiento promedio = 5.48 ton/ha, figura 5) se obtuvieron en años con mayor área sembrada en la 2da quincena de noviembre y diciembre.

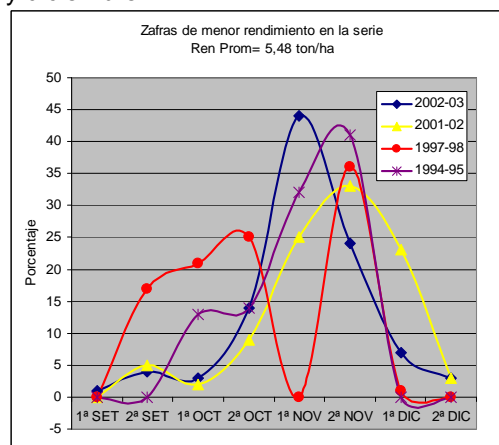


Figura 5. Porcentaje de área de siembra por quincena, en años de baja productividad en la serie 1995/96 a 2009/10. Datos de todo el país. (Fuentes: SAMAN, DIEA)

Como se mencionara INIA Tacuarí se caracteriza por una mayor adaptación a siembras tardías (Blanco et al, 1993), dado por un ciclo más corto a floración y principalmente debido a mayor tolerancia a bajas temperaturas en estadios reproductivos (Pérez de Vida, 1998, 2007). El área cultivada con Tacuarí, no se relaciona ( $r=0,08$  ns) con el porcentaje de área realizada como siembra tardía en cada zafra; por lo cual se puede asumir que la decisión de siembra de INIA Tacuarí no esta determinada por las condiciones ambientales de un año particular. Esto indicaría que el uso de este cultivar esta en parte asociado a su valor productivo intrínseco, y no en un rol complementario de “cola de siembra” relacionado a su mayor tolerancia a bajas temperaturas. Sin embargo, en los últimos 6 años se aprecia una tendencia a retrasar la fecha de siembra de INIA Tacuarí e INIA Olimar respecto a El Paso 144, estrategia adecuada a los ciclos de vida de cada cultivar (Tabla 1). Sin embargo, considerando la información disponible para estos cultivares, sería deseable que los cultivares

*Índica* hubiesen completado su área de siembra a esa fecha (15 de noviembre), dejando el área remanente para su uso con INIA Tacuarí.

Tabla 1. Porcentaje promedio de área sembrada por variedad en las 6 últimas zafras (2004/05 a 2009/10).

	El Paso 144	INIA Tacuarí	INIA Olimar
% de área de siembra hasta la 1er quincena de			
Octubre	32	13	23
Noviembre	94	71	82

En un porcentaje no totalmente cuantificado en este análisis, la inserción de INIA Tacuarí en los esquemas de siembra incluye su uso como “cabeza de siembra” como parte de estrategias de planificación de cosecha (por Ej., 11% de siembra en septiembre de 2008/09).

No se dispone información cuantitativa del uso complementario de variedades por parte de los productores. La alta relevancia para la cadena agro-industrial arrocera de la trazabilidad varietal podría ser una limitante para que el productor individual adopte un cambio varietal en corto plazo (una o dos semanas) -aun afectando un área menor de siembra, pausable de implantación tardía-. En algunos años de condiciones climáticas extremas (por ejemplo 2009/10) la disponibilidad de semilla podría ser una limitante para la consecución de la siembra del área tardía con el cultivar más adaptado.

**CONDICIONES AMBIENTALES ESPERABLES SEGÚN FECHAS DE SIEMBRA.**

En las condiciones del Este del país el atraso de la fecha de siembra supone exponer el cultivo a un ambiente productivo más carente en recursos, principalmente radiación solar. Considerando valores históricos de radiación (serie de años 1974 a 2010, UEPL), un cultivar con requerimientos térmicos similar a INIA Olimar (Méndez, 2010) tendría disponibles menores recursos energéticos para llenado de granos en una siembra tardía (15 de noviembre), respecto a siembras de mediados de octubre. Para siembras posteriores (15 de diciembre, Figura 6) serán aun más limitantes, afectando la productividad desde el inicio del periodo

reproductivo (primordio). En términos relativos, el atraso en fecha de siembra desde el 15 de octubre a 15 noviembre supone una reducción del 8% en la disponibilidad de radiación en el periodo de llenado de granos. Una siembra del 15 de diciembre presenta una reducción esperada en recursos fotosintéticos del 16 y 24% en prefloración y llenado de granos respectivamente, comparado con fechas óptimas (Figura 6).

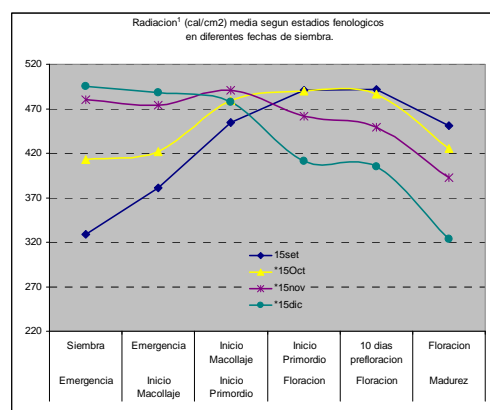


Figura 6. Niveles promedio de radiación disponible en diferentes estadios fenológicos en 4 fechas de siembra basados en datos meteorológicos históricos y requerimientos térmicos de INIA Olimar (ciclo intermedio)

La disminución en radiación disponible para llenado de granos en la medida que se atrasa la fecha de siembra es en términos absolutos y también relativos a los niveles disponibles en estadios previos (Figura 6). Para una siembra de mediados de diciembre se dispondría de 21% menos de radiación en post-floración respecto al periodo previo a floración (embuchado). En siembras del 15 de noviembre la disminución sería del 15%. La real magnitud de estos valores podría variar según el ideotipo del cultivar en uso. La disminución en la energía fotosintética disponible para el llenado de granos podría ser parcialmente compensada por la acumulación de reservas de carbohidratos en tallos y vainas en prefloración, en cultivares con esta capacidad. Se conocen reportes de cultivares que traslocan eficientemente dichas reservas durante el llenado de granos, contribuyendo a este proceso en hasta 30 a 40% (Tsunoda 1984; Wu G. et al 1998).

La fecha de siembra supone además exponer el cultivo a diferentes regimenes térmicos en diferentes estadios (Figura 7).

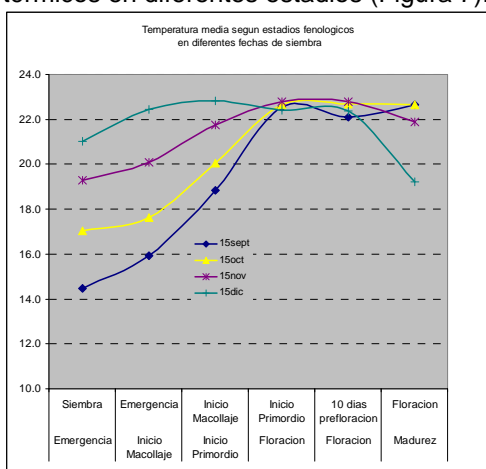


Figura 7. Niveles promedio de temperatura media en diferentes estadios fenológicos en 4 fechas de siembra basados en datos meteorológicos históricos y requerimientos térmicos de INIA Olimar (ciclo intermedio).

El arroz es susceptible a bajas temperaturas en diferentes estadios: vegetativo, reproductivo y llenado de granos (Murata y Matsushima, 1975). En las condiciones del Este del país, la ocurrencia esperada de baja temperatura nocturna, -potencialmente en detrimento de los procesos de formación de granos de polen-, son de similar entidad y probabilidad para un periodo de 70 a 75 días desde inicios de enero a marzo (datos en anexo). En dicho periodo existe un 30% de probabilidad de ocurrencia de temperaturas nocturnas por debajo del umbral de 15 grados Celsius. Sin embargo, para la serie de fechas de siembra simuladas, un cultivar de ciclo de vida intermedio (INIA Olimar) no se expondría a estreses diferenciales en prefloración (Figura 7).

De igual manera, es notoria la estabilidad en la temperatura media decádica desde inicios de enero a inicios de marzo; en cambio la radiación media decae aprox. 20% en ese mismo periodo (Figura 8), también Roel y Baethgen (2005).

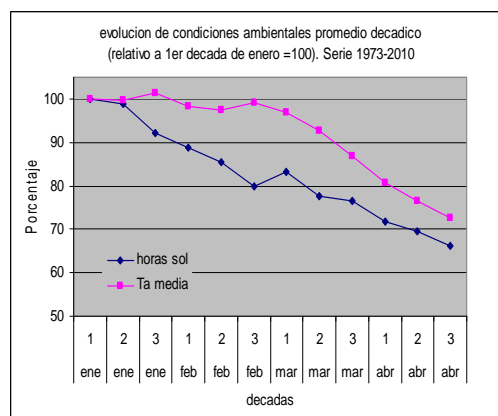


Figura 8. Temperatura y radiación media por década en enero a abril. Valores relativos a 1era década de enero=100). Serie de datos 1973-2010. Paso de la Laguna, Treinta y Tres

## CONCLUSIONES

De acuerdo a este análisis, y a lo reportado por Deambrosi et al (1997), para la zona Este del país, donde se realiza aprox. un 60% del área nacional, se puede enfatizar en la mayor importancia relativa de la siembra en fecha temprana (periodo de hasta 45 días desde inicios de octubre) como vía de ajustar los requerimientos foto-energéticos del cultivo con la disponibilidad esperada. Dentro de ese rango de siembra y hasta 30 días posteriores (15 de diciembre) no deberían esperarse frecuencias diferenciales para eventos de baja temperatura en enero, febrero y primeros días de marzo (también Roel 1994), coincidentes con momentos críticos de microsporogénesis (desarrollo de granos de polen). En otros términos, considerando la oferta ambiental esperada de radiación y temperatura la ventana de siembra limitada por eventos de baja temperatura tiene una mayor amplitud, respecto a las limitaciones que impone la rápida declinación en los niveles de radiación en siembras tardías. De este modo, la tolerancia a bajas temperaturas en prefloración en el germoplasma es una condición necesaria pero no suficiente para mantener el rendimiento ante condiciones que dificulten la siembra en épocas adecuadas. Esta conclusión acordaría con los resultados obtenidos en condiciones experimentales, así como en áreas comerciales que relacionan la caída del rendimiento con mayor porcentaje de área de siembra en época tardía (2nov+1dic). En la

medida que el sector productor logre continuar disminuyendo el porcentaje de área de siembra en 2da quincena de noviembre y diciembre, se ampliará la posibilidad de explorar un mayor potencial de rendimiento.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blanco P.; Pérez de Vida, F.; Píriz M., INIA-Tacuarí. Nueva variedad de arroz precoz de alto rendimiento. Ed. 1, Montevideo, INIA, 1993, v. 1, p. 10, ISBN: 997455649x

Blanco P.; Pérez de Vida, F. Mejoramiento Genético. In: Jornada Anual de Presentación de Resultados Experimentales de Arroz, 1994 Treinta y Tres Arroz Resultados Experimentales 1993-94. Series Actividades de Difusión N°25. 1994.

Deambrosi E., Méndez R., Roel A. 1997. Estrategia en la producción de arroz para un mejor aprovechamiento de las principales

variables climáticas. Serie Técnica 89. INIA Treinta y Tres.

Méndez R. 2010. Boletín Agroclimático. INIA Treinta y Tres.

Murata Y., Matsushima S., 1975. Crop physiology some case history. Edited by LT Evans. Cambridge University Press.

Roel A., Baethgen W. 2005. Asociación entre fases de "El Niño" y la producción arroceras de Uruguay. Serie Técnica 148. INIA Treinta y Tres.

Wu G., Wilson L.T., McClung A.M. 1998. Contribution of rice tillers to dry matter accumulation and yield. Agronomy Journal 90:317-323.

### IMPACTO AMBIENTAL DE LA TECNOLOGÍA CLEARFIELD EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ARROZ CONTRASTANTES DE AMÉRICA LATINA: FLUJO GÉNICO ENTRE ARROZ CULTIVADO-ARROZ MALEZA

Fernando Pérez de Vida<sup>1/</sup>, Juan Rosas<sup>1/</sup>, Victoria Boncarrère<sup>2/</sup>

#### INTRODUCCIÓN

En la zafra 2009/2010 basados en la colecta de material vegetal de arroz rojo (*O. sativa* L.) obtenida en el año 2007/2008, que se reportara en Informes de actividades de 2008 y 2009, se realizaron estudios de resistencia/susceptibilidad de plantas de arroz maleza a herbicidas de la familia imidazolinonas (nombre comercial: Ki+Fix, BASF®) bajo condiciones controladas. Adicionalmente se ajustaron las técnicas moleculares para la confirmación de la presencia de alelos de resistencia en plantas que resultaron "fenotípicamente" resistentes.

Se reporta un primer avance de resultados de la caracterización molecular de individuos identificados como resistentes a dosis 2x de los herbicidas imidazolinonas.

#### A) Screening de poblaciones muestreadas a campo mediante dosis letales de herbicidas imidazolinonas.

#### MÉTODOS

Se realizó el screening de resistencia/susceptibilidad de semillas de arroz maleza (complejo rojo/negro) obtenidas en campos comerciales: 1) "Arrozal Treinta y Tres" (departamento de Treinta y Tres) y 2) Establecimiento "El Espinillar" (Salto). Mediante esta técnica se intentó corroborar y eliminar falsos positivos de plantas encontradas en campo, lo cual reduciría el número de individuos a ser estudiados finalmente por métodos moleculares. A partir del material foliar de individuos resistentes se obtuvo ADN para estudios con técnicas moleculares. Se obtuvieron además muestras de semillas.

<sup>1/</sup> INIA Treinta y Tres

<sup>2/</sup> INIA Las Brujas