

ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE ARROZ

ASPECTOS DE LA ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY: V. INCIDENCIA DE FACTORES CLIMÁTICOS EN LA PRODUCTIVIDAD EXPERIMENTAL DE CULTIVARES

F. B. Pérez de Vida¹, I. Macedo²

PALABRAS CLAVE: Cultivares elite, subtipos de arroz

1. INTRODUCCIÓN

En el Este de Uruguay se ha registrado un incremento en la productividad comercial de 128 kg/ha/año en los últimos 15 años, asociado al uso de cultivares de alto rendimiento, prácticas culturales mejoradas y condiciones ambientales favorables, obteniéndose rendimientos entorno a 8 t/ha (Pérez de Vida, 2011). En igual período y bajo un manejo estándar, la productividad de los cultivares comerciales a nivel experimental se ha incrementado en 109 kg/ha/año. El presente trabajo estudia el comportamiento productivo en estas condiciones de las principales variedades en cultivo en el país, en relación a la ocurrencia de factores climáticos con el objetivo de entender la interacción de genotipos y el ambiente. Esto permite la generación de nuevas hipótesis de trabajo en mejoramiento genético así como la orientación en pautas generales de manejo del cultivo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó información de cultivares comerciales del programa de mejoramiento genético (PMGA) de INIA en ensayos de Evaluación Final, en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL). El período de análisis comprende los años 1996-1997 a 2010-2011. Los ensayos se instalan en diferentes épocas de siembra que abarcan todo el período potencial de siembra en nuestras condiciones (octubre a diciembre), con la finalidad de comparar el comportamiento de los cultivares en dichos ambientes contrastantes. La siembra y manejo de estos experimentos del PMGA, ha sido descrito por Pérez de Vida (2010, 2011). La siembra de los experimentos se hace sobre laboreo anticipado en un área que la antecede una pradera de 3er año.

Cuadro N° 1. Resumen de los periodos en los que se estudio la incidencia de las variables climáticas sobre el rendimiento y sus componentes.

Variables dependientes	Período respecto a floración (días)					Parámetros climáticos (media)
	previo		posterior			
	20	10	0	10	20	
Panojas/m ² ; Granos/panoja; %esterilidad; Rendimiento	20 pre					Temp mínima, media y Radiación
Panojas/m ² ; Granos/panoja; %esterilidad; Rendimiento		10 pre				Temp mínima, media y Radiación
% esterilidad; Rendimiento			10 pre + 10 pos			Temp mínima, media y Radiación
% esterilidad; peso de 1000; Rendimiento				10 pos		Temp media y Radiación
% esterilidad; Peso de 1000; Rendimiento					20 pos	Temp media, máxima y Radiación

Cultivares. subtipo *Indica*: El Paso 144 (15*) e INIA Olimar (12*); subtipo *Japónica tropical*: INIA Tacuarí (15*) e INIA Parao (5*) (*= número de años en el estudio). **Determinaciones y registros.** Se determinó fecha de floración, rendimiento y sus componentes: panojas (núm./m²), granos totales/panoja, esterilidad (%) y peso (g) de 1000 granos. **Datos climáticos.** La información climática fue obtenida de la estación agro meteorológica convencional en UEPL. Se recopilaron datos diarios de: temperatura máxima, mínima y media, número de días con temp. mínima inferior a 15°C, radiación (cal/cm²/día) y

¹ Ph.D. INIA. Programa Arroz. fperez@inia.org.uy.

² Estudiante de Facultad de Agronomía, UdelaR

heliofanía (horas de sol reales), de los meses de octubre a abril inclusive, desde la zafra de 1996-1997 hasta la zafra de 2010-2011. Integración de la información. Se tomó como referencia la fecha de 50% de floración en parcelas individuales, a partir de la cual se determinaron cinco periodos para relacionar la incidencia climática sobre el rendimiento y sus componentes (Cuadro1). Se ajustaron regresiones múltiples con selección de variables mediante stepwise (opción forward).

3. RESULTADOS

RENDIMIENTO. En el período de estudio, el rendimiento experimental del conjunto de cultivares mencionados varió entre 6.3 t/ha (2004-2005) a 9.4 t/ha (2008-2009) (Figura 1a), ajustándose una regresión rendimiento vs zafra con $b=109$ kg/ha/año. Los rendimientos de los cultivares EP144 (8.4 t/ha), INIA Olimar (8.6 t/ha) y Parao (8.7 t/ha) no difieren estadísticamente entre ellos, superando a INIA Tacuarí (7.5 t/ha).

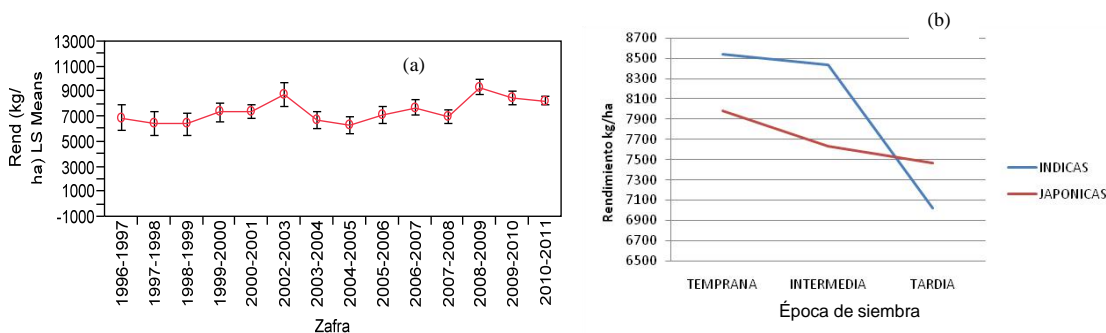


Figura 1. Rendimiento experimental promedio de a) cultivares comerciales según zafras y b) según subtipos en diferentes épocas de siembra en la serie 1996/97 a 2010/11 en UEPL.

La mayor productividad se registró en fechas tempranas e intermedias, en las cuales no se diferencian estadísticamente el subtipo *Indica* y *Japónica* tropical. Así mismo la fecha de siembra resultó una variable significativa solo en el subtipo Indicas (Figura 1b)

INCIDENCIA DE FACTORES CLIMATICOS. En la serie de 15 años analizados, para el conjunto de cultivares y fechas de siembra, la radiación disponible en llenado temprano de granos fue la variable climática con mayor efecto directo ($p=0.413$) en el rendimiento. La ocurrencia de bajas temperaturas ($<15^{\circ}\text{C}$) en torno a floración resultó el segundo determinante de los rendimientos en estos 27 experimentos; de modo similar se destaca la ocurrencia de temperaturas altas en estadio de embuche (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficientes *path* (p , estándar beta) y de determinación (R^2) de regresiones de rendimiento y parámetros climáticos según estadios en todos los cultivares.

Parámetro	Estadio	p (Std beta)	R^2
Temp Max	20d Pre	0,203**	0.10**
Num $d<15^{\circ}\text{C}$	10dpre+10dPos	-0,278*	0.10**
Radiación	20dPos	0,413**	0.19**

Considerando los diferentes ciclos de vida y crecimiento en *Indicas* y *Japónica* tropical, se realizó un análisis similar, pero incluyendo solo los cultivares de cada subtipo. En siembras tempranas/intermedia, el rendimiento de los genotipos *Indica* fueron afectados solo por las temperaturas altas en embuche; en cambio en siembras tardías la oferta ambiental es limitante a través de bajas temperaturas en floración y niveles de radiación en llenado temprano de granos (Cuadro 3).

El subtipo *Japónica* tropical resulta similar a *Indicas* en fechas de siembra óptimas (Cuadro 4); en siembras tardías la ocurrencia de temperaturas no extremas (mínimas y máximas) durante embuche y llenado inciden de modo positivo en el rendimiento; la variable climática que mayor impacto presenta en la productividad es la radiación en llenado de granos ($p=0.87^{**}$). Esta es relevante durante un periodo de mayor duración asociado al staygreen en estos cultivares.

Cuadro 3. Coeficientes *path* (p , estándar beta) y de determinación (R^2) de regresiones de rendimiento y parámetros climáticos según estadios en cultivares del subtipo **Indica**

Indicas		Época de siembra			
		Temprana/intermedia		Tardía	
Parámetro	Estadio	p (Std beta)	R^2	p (Std beta)	R^2
Temp Max	20d Pre	0.347**	0.11**		
Num d<15°C	10dPre+10dPos			-0.383**	0.19**
Radiación	10dPos			0.582**	0.39**

 Cuadro 4. Coeficientes *path* (p , estándar beta) y de determinación (R^2) de regresiones de rendimiento y parámetros climáticos según estadios en cultivares del subtipo **Japónica**.

Japónica tropical		Época de siembra			
		Temprana/intermedia		Tardía	
Parámetro	Estadio	p (Std beta)	R^2	p (Std beta)	R^2
Temp Max	20d Pre	0.505**	0.26*		
Temp Max	20d Pos			-0.543**	0.12**
Temp Min	10d Pre			0.527**	0.10*
Num d<15°C	10dPos			-0.30**	0.06(P=0.07)
Radiación	20dPos			0.87**	0.334**

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO. El número de panojas/m² fue el componente que explicó el rendimiento en siembras óptimas; por ende el rendimiento se asoció a la ocurrencia de temperaturas no limitantes para el crecimiento en “20d pre” (prefloración). En siembras tardías, el rendimiento varió en función del número de granos totales por panoja, el % de esterilidad y el peso de 1000 granos. Como se aprecia en cuadros 3 y 4, los parámetros climáticos de mayor relevancia en la productividad lo son a través de la definición de los mencionados componentes de rendimiento.

4. CONCLUSIONES

El rendimiento de variedades *Indica* y *Japónica* tropical se asoció positivamente a la ocurrencia de condiciones cálidas en embuche (media 28.7°C) en siembras en fechas óptimas, mientras que en siembras tardías la obtención de mayor productividad se relacionó a la alta disponibilidad de radiación en llenado de granos (manteniendo bajos % de granos chuzos e incrementando el peso de 100 granos) y menor ocurrencia de bajas temperaturas en etapa reproductiva (con bajo impacto en la fertilidad del polen y fecundación de flores).

5. BIBLIOGRAFÍA

PÉREZ DE VIDA, F.B. 2010. Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay: I Análisis de la productividad en los últimos 15 años. Arroz Resultados Experimentales 2009-10. Actividades de Difusión 611. INIA Treinta y Tres.

PÉREZ DE VIDA, F.B. 2010. Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay: II Importancia de la fecha de siembra en la productividad. Arroz Resultados Experimentales 2009-10. Actividades de Difusión 611. INIA Treinta y Tres.

PÉREZ DE VIDA, F.B. 2011. Aspectos de la ecofisiología del cultivo de arroz en Uruguay: III. Potencial biológico en la región Este. Arroz Resultados Experimentales 20010-11. Actividades de Difusión 651. INIA Treinta y Tres.