

PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO EN CHACRAS: ¿QUÉ ES IMPORTANTE?

N. Berberian¹, J. E. Rosas², F. Pérez de Vida³, M. Marella⁴, F. Massa⁵

PALABRAS CLAVE: condiciones productivas, datos longitudinales, modelos mixtos

INTRODUCCIÓN

Obtener buenas predicciones de rendimiento en las chacras que remiten su producción a la empresa SAMAN es prioridad tanto para la planificación como para la toma de decisiones de manejo del cultivo. Identificar cuáles son las variables de mayor influencia en el rendimiento, y utilizarlas en un modelo estadístico que contemple su trayectoria histórica es una alternativa metodológica con fuerte sustento teórico para obtener dichas predicciones. La variabilidad en el rendimiento del cultivo de arroz en Uruguay está fuertemente influenciada por la variación en el manejo actual del cultivo, en particular la fecha de siembra (Blanco *et al.* 2010). A su vez la variabilidad en la fertilidad del suelo es afectada en gran medida por el uso previo del suelo, así como por el manejo del cultivo actual. Específicamente en chacras comerciales, el nivel de enmalezamiento y la lámina de riego están muy relacionados con la variación de rendimiento del cultivo (Roel y Firpo, 2007). A partir de datos de 10 años de la empresa SAMAN, Uraga *et al.* (2011) por medio de árboles de clasificación concluyeron que las variables que más explican esta variación entre productores son la zafra, el productor, la fecha de siembra y riego. Sin embargo, estos resultados no incorporan eficientemente la estructura temporal de la información, lo cual sí puede hacerse utilizando modelos mixtos. Este estudio busca obtener un modelo de rendimiento de arroz en condiciones productivas que considere la

tendencia temporal, e identificar las variables determinantes del rendimiento y su capacidad predictiva, a partir de los datos que se generan actualmente en forma rutinaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se dispuso de un total de 1370 registros del rendimiento promedio (bolsas por hectárea) provenientes de un conjunto de 390 establecimientos arroceros remitentes a la empresa SAMAN, en el período comprendido entre las zafra 2012-2013 y 2017-2018. En cada zafra se trabajó con un total de 12 variables: método de siembra, historia de chacra, momento y tipo de laboreo, variedad, día de inicio de siembra y de riego, control de malezas, de insectos y de hongos, días a emergencia y calidad del riego. Primeramente, se realizó un análisis conjunto (longitudinal) en el que se consideró a las chacras como unidades con medidas repetidas en el tiempo. En un modelo mixto se consideraron como efectos fijos el año (zafra) y las variables de manejo, y la chacra como efecto aleatorio. Se utilizó el método *backward* con el fin de obtener un conjunto de variables con efecto significativo (5%) sobre el rendimiento promedio, en este modelo longitudinal. En segunda instancia se realizó un análisis independiente para cada una de las seis zafras (sección cruzada), considerando las variables que resultaron significativas en el paso previo. En este caso el modelo solamente consideraba como efectos fijos a las variables de manejo. Se empleó el coeficiente de determinación (R^2) de forma directa para evaluar la capacidad predictiva de cada uno de los modelos evaluados y mediante el incremento relativo

¹ Lic. M.Sc. UdelaR, F. Agronomía, Depto de Biometría, Estadística y Computación, nberberian@fabro.edu.uy

² Lic. M.Sc. Dr. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

³ Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁴ Ing. Agr. SAMAN Uruguay marella@saman.com.uy

⁵ Lic. MSc. UdelaR Depto. Métodos Cuantitativos, F. Cs Económicas y de Administración fmassa@iesta.edu.uy

del indicador se determinó la importancia relativa de cada variable explicativa. Para comparar el efecto de las variables entre los distintos modelos se emplearon *forest-plots*.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Un análisis descriptivo muestra que sólo el 31% de las chacras presentó datos para las seis zafras incluidas en el estudio. Asimismo, se obtuvo un valor de rendimiento promedio de 166,6 bolsas/ha. con un desvío de 26,5, no pareciendo haber tendencia a lo largo del período de evaluación (Cuadro 1).

Las variables método de siembra, tipo de laboreo, variedad, día de inicio de siembra

y control de insectos resultaron no ser significativas en ningún modelo. Las restantes siete fueron significativas en el modelo longitudinal y estas fueron las utilizadas en los modelos de sección cruzada.

En la figura 1 se presenta el poder predictivo de cada uno de los siete modelos utilizados y se observa que el indicador R^2 presenta fluctuaciones importantes entre los modelos de sección cruzada. Dado que todos los modelos utilizan el mismo número de variables, estas fluctuaciones se deben en gran medida a que el conjunto de chacras varía a lo largo de las zafras. El valor del R^2 correspondiente al modelo longitudinal sólo es superado por el de sección cruzada de la zafra 2017-2018.

Cuadro 1. Rendimiento promedio y desvío según zafras.

Zafras	Nº chacras	Promedio	Desvío
2012 - 2013	255	163,1	28,5
2013 - 2014	229	162,2	31,4
2014 - 2015	201	169,7	20
2015 - 2016	218	166,8	24,5
2016 - 2017	239	174,0	19,2
2017 - 2018	228	163,8	30,1
Total	390	166,6	26,5

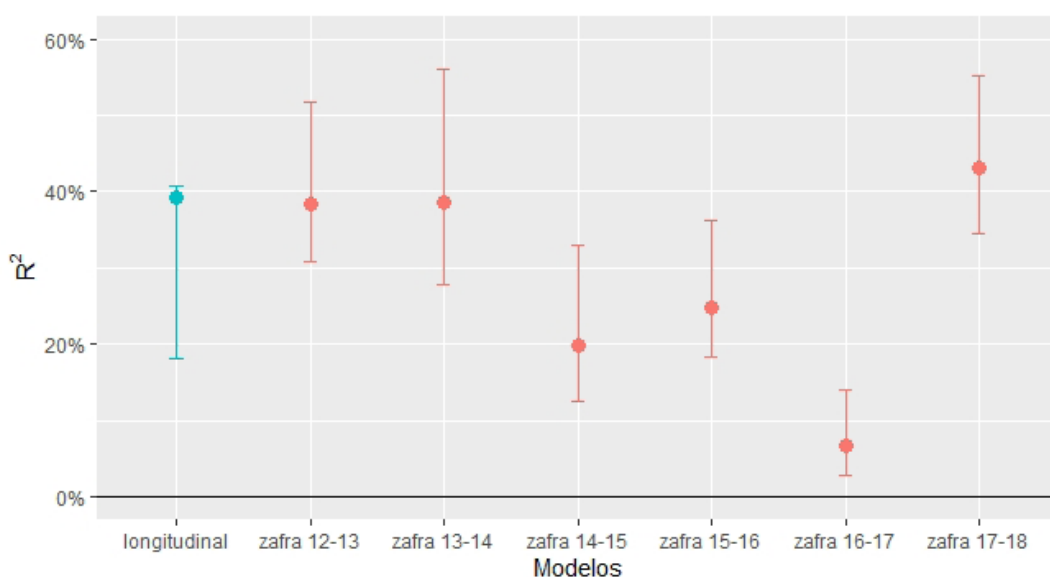


Figura 1. Estimación puntual y por intervalos (5%) para el coeficiente R^2 , por modelo y zafra.

Cuadro 2. Incremento relativo (%) del R² en función de cada variable, según modelo y zafra.

Variables	Longitudinal	Sección cruzada					
		2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016	2016- 2017	2017- 2018
Año	1,3						
Historia de chacra	2,1	22,6	4,3	23,4	39,2	6,6	0,7
Laboreo presiembra	1,4	21,2	1,9	26,0	31,7	11,5	1,3
Día de emergencia	3,6	51,5	1,2	56,6	27,1	2,8	51,0
Día de inicio de riego	6,8	20,6	23,5	29,5	35,0	0,5	1,8
Control de malezas	15,4	21,5	17,2	36,0	45,6	25,6	11,2
Control de hongos	6,2	31,0	3,4	21,0	32,1	19,5	0,3
Calidad de riego	31,8	62,9	17,8	39,4	48,1	24,4	19,6

A partir del cuadro 2 se observa que para los modelos se sección no es posible determinar un ranking único del aporte relativo de las variables, puesto que este difiere según la zafra. En el modelo longitudinal se incluye la variable Año (p-value=0,002), que tiene validez únicamente en este modelo puesto que

es el que globaliza todas las zafras y captura la tendencia del rendimiento de las chacras a lo largo del tiempo, y tiene un aporte al incremento relativo del R² de un escaso 1,3%. Se evidencia que la variable más relevante es calidad de riego.

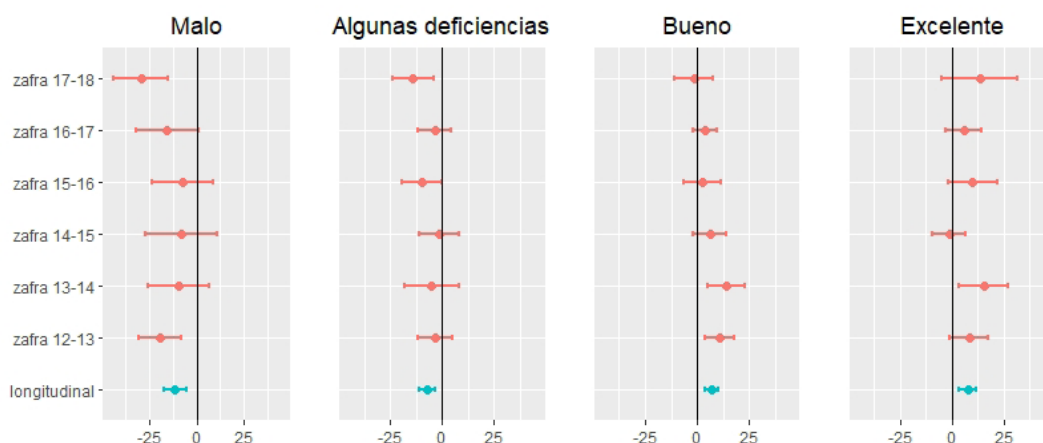


Figura 2. Efecto de calidad de riego sobre rendimiento medio según categoría, modelo y zafra.

Los *forest-plot* de la figura 2 presentan la estimación por intervalo de confianza al 95% de los efectos de los distintos niveles de la variable calidad de riego. En todos los niveles el modelo longitudinal tuvo estimaciones significativas y más precisas. Para los mode-

los de sección cruzada, en las zafras 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017 los efectos fueron no significativos y para los demás casos hubo fluctuaciones, no pudiendo evidenciar un patrón de comportamiento para todos los niveles.

CONCLUSIONES

El uso de los modelos estadísticos considerados en este estudio permitió obtener predicciones exentas de subjetividad y a la vez proporcionó una aproximación de cuáles son los factores determinantes del rendimiento del cultivo en condiciones productivas. Si bien a partir de los resultados no parece evidenciarse un fuerte componente de tendencia, lo que desfavorecería al modelo longitudinal, este presenta ventajas a través de un aumento en la precisión de las estimaciones. Adicionalmente, analizar en forma conjunta la información de los establecimientos a lo largo de todo el período permite establecer cuáles son las variables determinantes del rendimiento del cultivo con mayor certeza que el análisis independiente por zafra.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, P.; Roel, A.; Deambrosi, E.; Bonilla, C.; Cantou, C.; Molina, F. 2010. Closing the yield gap in rice production in Uruguay: impact of technological changes. In: International Rice Research Conference (28°, 2010, Hanoi, Vietnam). CGIAR, IRRI, Session: OP02, Closing the yield gap, Hanoi, Vietnam.

Roel, A.; Firpo, H.; Plant, R. E. 2007. Why do some farmers get higher yields? Multivariate analysis of a group of Uruguayan rice farmers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 58: 78-92.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2006.10.001>

Uraga, R.; Bonilla, C.; Roel, A. 2011.
<http://www.inia.org.uy>. Recuperado el 23/08/2020 de
http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2011/presentacion_saman4.pdf