

RESPUESTAS DE CULTIVARES DE ARROZ A DENSIDADES DE SIEMBRA, APLICACIONES DE NITRÓGENO Y FUNGICIDA BAJO SIEMBRA DIRECTA

Andrés Lavecchia^{1/}, Claudia Marchesi^{1/}

La información generada para este objetivo específico será publicada por INIA Tacuarembó en Setiembre, en la Serie Actividades de Difusión.

II. AGRICULTURA DE PRECISIÓN

Objetivo Específico:

- *Cuantificación de la variabilidad espacial del rendimiento y determinación de los factores que la afectan*

VARIABILIDAD ESPACIAL DEL RENDIMIENTO

Alvaro Roel^{2/}

INTRODUCCIÓN

En el marco de un proyecto de investigación con el IRI (International Research Institute for Climate Prediction) se desarrollo un estudio de la variabilidad espacial del rendimiento en unas de las chacras de la Unidad de Producción Arroz Ganadería (UPAG) de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna (UEPL) del INIA Treinta Y Tres.

El proyecto tiene por objetivo global el desarrollo de un Sistema Espacial de Toma de Decisiones para la aplicación de Pronósticos Climáticos en el Sector Arrocerero Uruguayo. Es nuestro interés presentar en esta oportunidad algunos resultados preliminares de algunos de los estudios vinculados de este proyecto que resaltan la importancia de los aspectos espaciales de la información. El uso de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) y los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) nos permiten hoy tener una muy

buena descripción espacial de los diferentes factores que afectan la producción. Creemos que estas tecnologías nos permitirán incorporar la dimensión espacial a los diferentes aspectos de la investigación del cultivo.

OBJETIVOS

1. Cuantificar la variabilidad espacial del rendimiento de una chacra de arroz.
2. Determinar los factores responsables de la variabilidad espacial del rendimiento observada.
3. Evaluar la capacidad del modelo de simulación DSSAT 3.5 Ceres-Arroz en recrear la variabilidad espacial del rendimiento observada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue conducido en una chacra de 12 hectáreas de la Unidad de Producción de Arroz Ganadería (UPAG) en la UEPL- INIA Treinta y Tres.

Cultivar: El Paso 144
Fecha de Siembra: Noviembre 7 y 8
2002. Siembra Directa.

^{1/} INIA Tacuarembó
^{2/} INIA Treinta y Tres

Fertilización: 170 kg ha⁻¹ 15-35-15 a la siembra + 50 kg ha⁻¹ de Urea a la inundación + 50 kg ha⁻¹ de Urea al Primordio.

Datos fenológicos:

Cuadro 1. Eventos Fenológicos

Fenología	Fecha
Primordio	Enero 23 2003
50% Floración	Febrero 28 2003
Madurez Fisiológica	Marzo 31 2003

Fueron seleccionados 10 lugares (puntos de monitoreo) dentro de la chacra donde fueron instalados data-loggers (Hobo H8 Pro, Figura 1). Estos data-loggers poseían un sensor interno que registraba la temperatura del canopio y un sensor externo que registraba la temperatura del agua. Ambos tipo de sensores registraban en

forma horaria la evolución de la temperatura durante todo el ciclo del cultivo. Los sensores registraron la temperatura del agua y del canopio durante todo el cultivo en forma horaria. Los sensores ubicados en el agua eran instalados aproximadamente 4 cm sobre el nivel del suelo. Los sensores internos eran desplazados verticalmente a medida que el cultivo se desarrollaba intentando medir la temperatura del canopio a nivel de la panoja. La ubicación de los sensores fue georeferenciada con un GPS

Quincenalmente se registraba en la posición de cada sensor la altura de lámina de riego. En los mismos lugares donde se encontraban ubicados los sensores se extrajeron muestras de suelo a tres diferentes profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm) . El Cuadro 2 muestra las diferentes variables del suelo que fueron medidas.

Cuadro 2. Variables del suelo medidas

	Profundidad	Profundidad	Profundidad
pH	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm
C. Orgánico	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm
P.Ácido Cítrico	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm
P. Bray	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm
K	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm
% Arena	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm
% Limo	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm
% Arcilla	0-10 cm	10 –20 cm	20 –30 cm

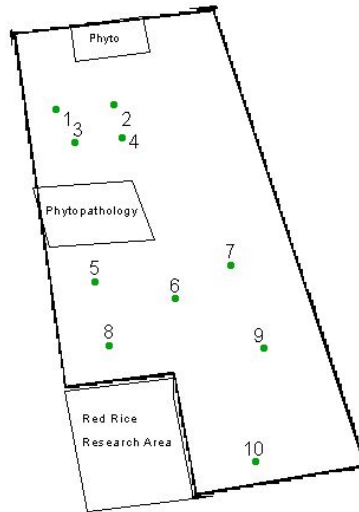


Figura 1. Croquis del estudio. Ubicación puntos de monitoreo y muestreos.

En estas mismas 10 localidades se extrajeron muestras para determinar los componentes de rendimiento (panojas/m, granos/panoja, peso mil granos), porcentaje esterilidad y a su vez se cosechó un área de 3m² para la medición del rendimiento.

RESULTADOS

La Figura 2 muestra la variabilidad de rendimiento observada en esta chacra. Para la obtención de este mapa de rendimiento se procedió a la interpolación espacial de los rendimientos obtenidos en cada una de los lugares de monitoreo. Como se puede observar existió una variabilidad espacial del rendimiento de unos 2000 kg ha⁻¹ dentro de esta chacra.

El Cuadro 3 muestra las correlaciones lineales entre las variables del suelo y el rendimiento. En este cuadro se

puede observar que las únicas variables asociadas con el rendimiento fueron los porcentajes de arena y limo en los primeros 20 cm de profundidad del suelo. El porcentaje de arena estuvo correlacionado en forma positiva con el rendimiento mientras que el porcentaje de limo estuvo asociado en forma negativa con el mismo.

La Figura 3 muestra la variabilidad espacial en los porcentajes de arena y limo en los primeros 10 cm del suelo. Como se puede apreciar las zonas con mayores niveles de arena y menores niveles de limo correspondieron a las zonas de mayor productividad. Es de destacar que la zona de menor rendimiento (sensores 9 y 10) corresponden a una zona de suelos solonetz y solonetz solodizado (blaqueales).

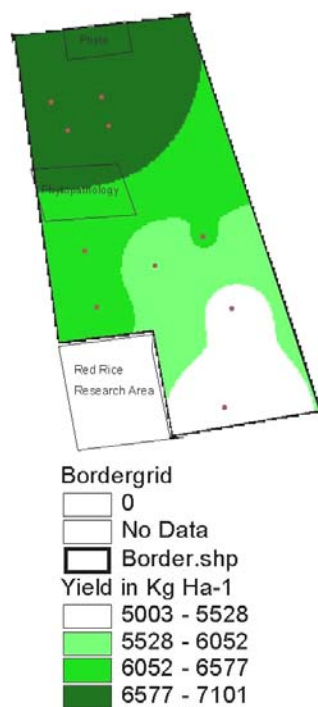


Figura 2. Variabilidad espacial del rendimiento observada.

Cuadro 3. Correlaciones entre las variables del suelo y el rendimiento.

Variables	Profundidad del Suelo		
	0 – 10 cm	10-20 cm	20-30 cm
pH	-0.17 ns	-0.53 ns	-0.50 ns
Carbono orgánico	0.25 ns	0.37 ns	0.14 ns
P Ácido Cítrico	-0.03 ns	0.02 ns	-0.07 ns
P Bray	0.47 ns	0.33 ns	0.18 ns
K	-0.19 ns	-0.13 ns	-0.13 ns
% Arena	0.86 **	0.87 **	0.43 ns
% Limo	-0.92**	-0.86 **	-0.37 ns
% Arcilla	0.44 ns	0.50 ns	-0.47 ns

** $P \leq 0.0001$

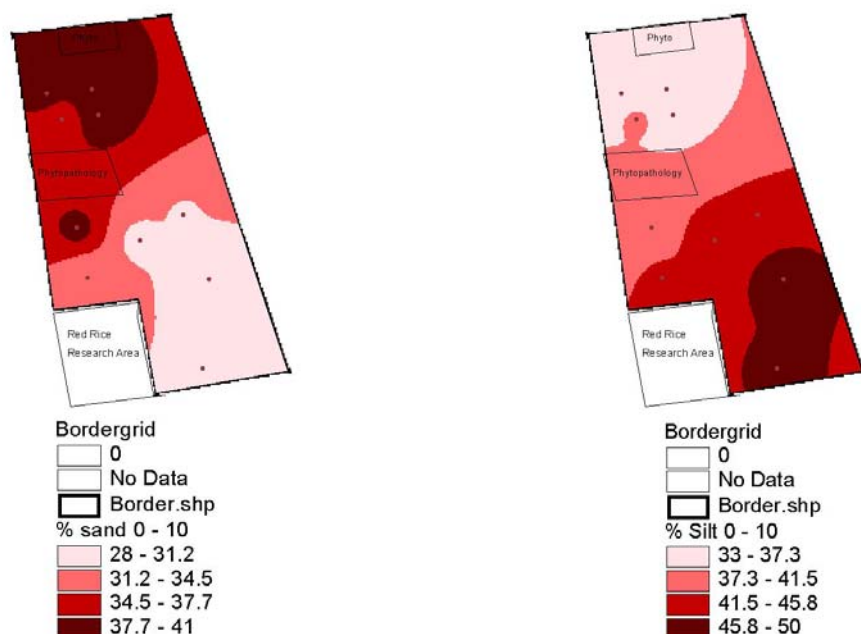


Figura 3. Variabilidad espacial de los porcentajes de a) arena y b) limo. 0 - 10cm.

Se realizaron cuatro tipos de simulaciones diferentes en cada uno de los puntos de monitoreo utilizando el modelo de simulación de cultivos DSSAT 3.5 Ceres-Arroz. Este modelo de simulación requiere 4 tipo de datos para poder realizar la simulación, estos son:

1. información climática (temperaturas máximas, mínimas y radiación solar);
2. información genética (coeficientes genéticos). En este caso se utilizaron los coeficientes genéticos obtenidos de la calibración de la variedad El Paso 144;
3. información de suelo (Profundidad radicular, Carbono orgánico, Porcentajes de arena, limo y arcilla)
4. manejo: fechas de siembra, densidad de siembra, fertilizaciones y cosecha. Esta información es

uniforme en los 10 puntos de monitoreo.

Simulación 1. Para esta simulación se utilizaron la información climática de la Estación Meteorológica de la UEPL. Es decir que la información climática fue similar en los 10 puntos de monitoreo. En cada punto de monitoreo se utilizó la información de suelo correspondiente.

Simulación 2. Idem a Simulación 1 pero en esta ocasión se sustituyeron los datos de temperatura mínima y máxima de la Estación Meteorológica de la UEPL por los datos de temperatura mínima y máxima del canopio registrados por los sensores ubicados en cada punto de monitoreo.

Simulación 3. Idem Simulación 1 pero en esta ocasión se sustituyeron los datos de temperatura mínima y máxima de la Estación Meteorológica de la UEPL por los datos de temperatura

mínima y máxima del agua registrados por los sensores ubicados en cada punto de monitoreo.

Simulación 4. Idem Simulación 3 pero en esta ocasión la información de suelo fue uniforme en los 10 puntos de monitoreo. Se promedió los datos de las variables de suelo de las 10 localidades.

El Cuadro 4 resume las características de las diferentes simulaciones. La Figura 4 muestra la relación entre los

valores de rendimiento observados y predecidos por el modelo en las primeras tres simulaciones. Los coeficientes de determinación (R^2) entre los valores observados y predecidos fueron de 0,64, 0,62 y 0,81 para las simulaciones 1, 2 y 3, respectivamente. Esto determina que al utilizar la temperatura del agua en vez de la meteorológica o la del canopio el modelo logró mejorar sensiblemente las predicciones de rendimientos.

Cuadro 4. Simulaciones

Simulaciones	Rendimientos predecidos basados en:		
	Clima	Suelo	R^2
1	Est. Meteorológica UEPL	De cada localidad	0,64**
2	Temperatura del canopio	De cada localidad	0,62**
3	Temperatura del agua	De cada localidad	0,81**
4	Temperatura del agua	Suelo Uniforme	0,4 ns

** $P \leq 0.0001$

En general el modelo logró recrear las tendencias más importantes en la variabilidad espacial observada en el rendimiento dentro de esta chacra. El R^2 únicamente da una idea de la asociación lineal entre el rendimiento observado y predecido por el modelo a nivel puntual, es decir solamente teniendo en cuenta los datos en cada punto de monitoreo. Para tener una idea de cómo quedaría conformada la variabilidad espacial del rendimiento de acuerdo a los datos simulados por el

modelo se procedió a la interpolación espacial de los datos de rendimiento predecidos en cada una de las simulaciones.

La Figura 5 muestra como quedarían conformados los mapas de rendimiento en las simulaciones 1-3 y el mapa de rendimiento observado. Como se puede observar a grandes rasgos la variabilidad espacial de rendimiento observada en la chacra es captada por el modelo de simulación.

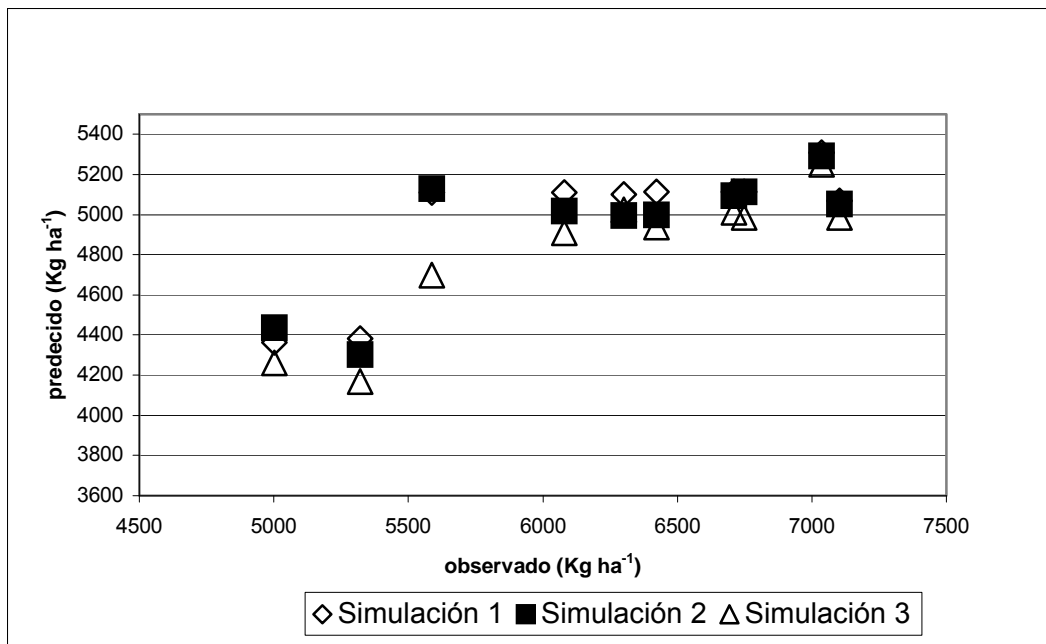


Figura 4. Rendimientos observados y simulados. Simulaciones 1-3.

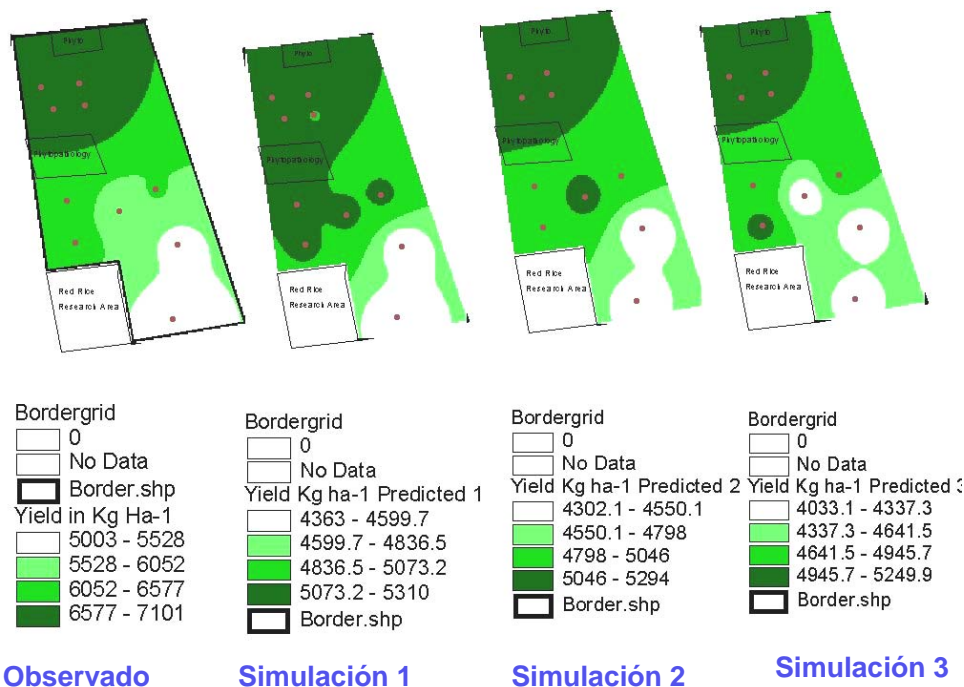


Figura 5. Variabilidad espacial del rendimiento Observado y en las Simulaciones 1-3.

El valor de R^2 superior obtenido cuando los datos de temperatura del agua fueron utilizados indicarían que de poseer datos micrometeorológicos del cultivo mejoraría la predicción del modelo. Sin embargo es importante observar que cuando se utilizó un mismo tipo de suelo para realizar la predicción de rendimiento (Simulación 4) no se detectó asociación entre los valores observados y predichos. Esto indicaría que el factor que realmente es determinante en causar la variabilidad espacial de rendimiento observada son las variables del suelo y en menor

cuantía las factores micrometeorológicos (temperatura).

Por último la Figura 6 muestra la comparación de la variabilidad de rendimiento observada y predichas en las simulaciones 3 y 4. Como se puede observar en el caso de la simulación 4, si bien en las tendencias generales la variabilidad espacial fue recreada, el modelo sólo estima una variabilidad total en el rendimiento de unos 100 kg ha⁻¹; cuando la variabilidad observada fue de unos 2000 kg ha⁻¹.

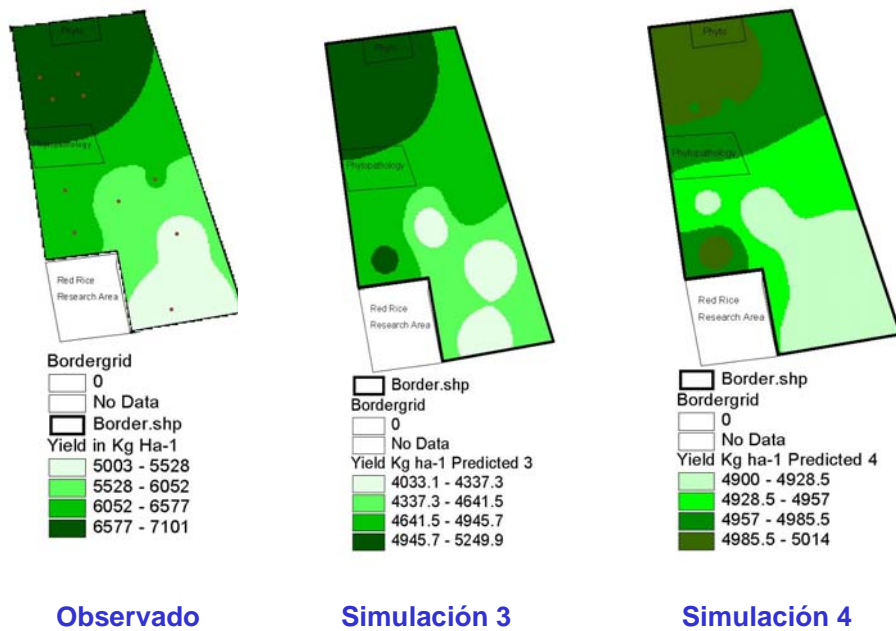


Figura 6. Variabilidad espacial del rendimiento Observado y en las Simulaciones 3 y 4.