

INIA
Agricultura de precisión
en chacras de arroz

PÁGINA 25

ENTREVISTA
La lana
según Otegui

PÁGINA 22



MERCADO DE CAMPOS
¿Cuánto subió el
precio de la tierra?

PÁGINA 4

AÑO 9 • Nº 105

EL PAIS

26 DE NOVIEMBRE DE 2003

AGROPECUARIO

LA PLATA DEL CAMPO

Invertir y tapar agujeros



Capacitación
Nuevas inversiones
Insumos
Contribución inmobiliaria
Salarios
Deudas personales
Pasturas
Compra de tierra
Deudas bancarias
Mantenimiento
Maquinaria y vehículos

PRIMEROS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN EN INIA TREINTA Y TRES

Agricultura de precisión en chacras de arroz

El Programa Arroz de INIA incorporó Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) y Sistemas de Información Geográficos (SIG) para investigar la variabilidad de rendimiento dentro de las chacras de arroz. Estas tecnologías abren nuevas posibilidades para la investigación.

POR ALVARO ROEL

Ing. Agr. MSc PhD,
Programa Arroz INIA

¿QUÉ ES LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN?

El término Agricultura de Precisión (AP) es usado cada vez más en estos días. ¿Que es AP? El concepto tiene diferentes significados para diferentes personas. Algunos lo asocian con satélites, sensores y mapas; para otros es el futuro de la agricultura; para los investigadores, es una oportunidad.

Este futuro es visualizado como la posibilidad de manejar cada insumo (semilla, fertilizante, riego, herbicidas, funguicida, etc) de una manera "sitio específica", es decir, de acuerdo a las necesidades particulares de cada zona de la chacra o lote. Este manejo "sitio específico" de la agricultura permitiría incrementar los rendimientos, disminuir los costos y reducir el impacto ambiental. Existen varias definiciones de AP, nosotros nos inclinamos por la del Dr. Richard Plant (2002), la cual es-

tablece que la AP es la acción de manejar una chacra a una escala espacial menor a la superficie de la misma.

Este concepto de manejar pequeñas áreas dentro de una chacra como unidades de manejo diferentes no es nuevo. Si analizamos la evolución histórica de la agricultura podemos ver cómo los primeros agricultores podían regular la cantidad de "fertilizante" que aplicaban por cada semilla plantada. Estos agricultores primitivos conocían muy bien aquellas zonas de la chacra donde era necesario agregar más nutrientes que en otras. Podían realizar esto porque las operaciones eran manuales. Con el advenimiento de la mecanización y la aparición del tractor, quedó imposibilitado el tratamiento particular de cada semilla o de cada planta, pero sin duda se logró realizar una agricultura a mucho mayor escala que antes. La mecanización de la agricultura determinó que los agricultores comenzaran a tomar el área de sus chacras como las unidades más pequeñas de manejo. Es decir, que en esta nueva agricultura, se sacrificó la maximización de la producción por unidad de área pequeña por la maximización de la producción total del predio.

El desarrollo de nuevas tecnologías, como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), los monitores de rendimiento y los Sistemas de Informa-

FIGURA 1 a

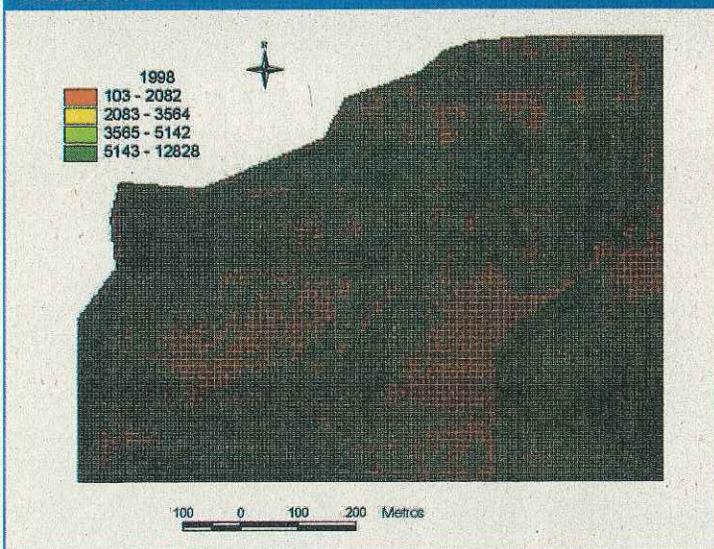
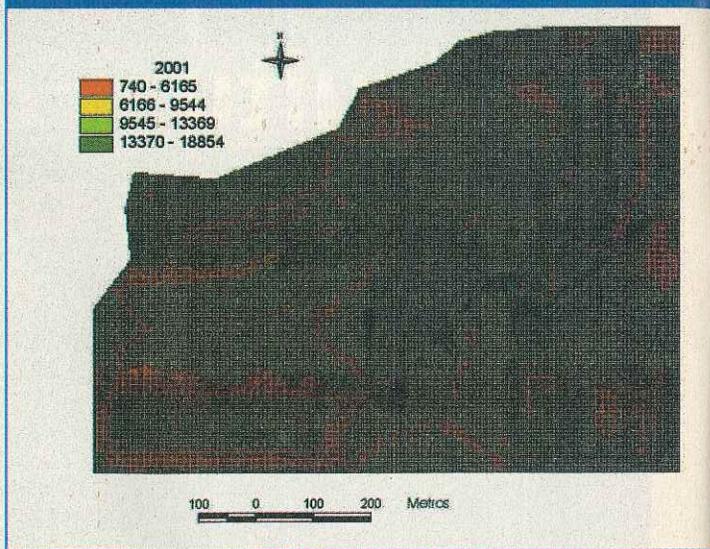


FIGURA 1 b



ción Geográficos (SIG) permiten hoy conjugar ambos intereses: manejar los cultivos a escalas menores que el área de sus chacras, pero en condiciones extensivas de producción.

Estas tecnologías permiten cuantificar objetivamente la variabilidad espacial del rendimiento de una chacra. A modo de ejemplo, las figuras 1a y 1b muestran la variabilidad de rendimiento observada

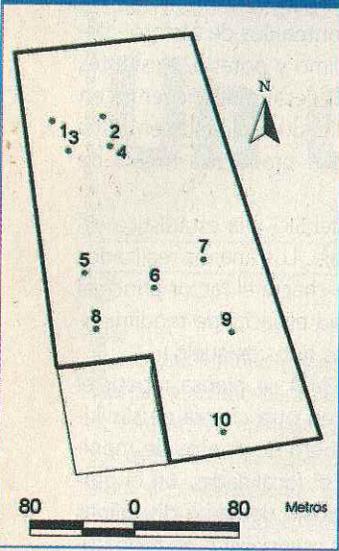
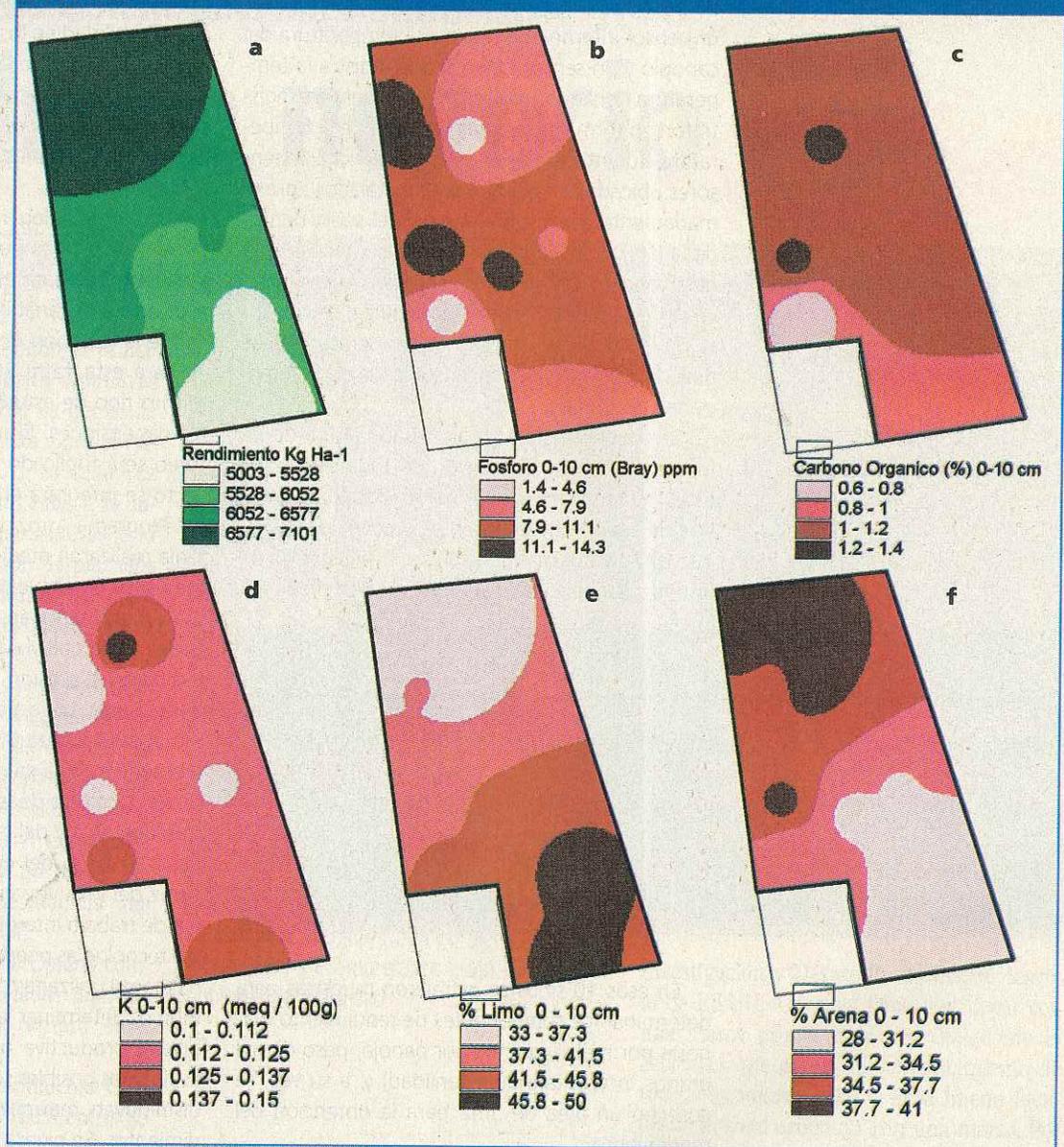
rendimiento que guarda las características espaciales que lo determinaron.

En zonas agrícolas del mundo donde esta tecnología ya está disponible hace varios años (por ejemplo el cinturón maicero-sojero de los Estados del medio-oeste norteamericano), es interesante analizar cuál fue la reacción de los productores ante ella. Frente al primer mapa de rendimiento obtenido, los productores normalmente comentan que si bien eran conscientes de la existencia de cierta variabilidad de rendimiento dentro de sus chacras, no pensaban que fueran de tal magnitud. Al segundo año los comentarios normalmente hacen referencia a que la variabilidad no es igual a la de la zafra anterior, es decir los mapas de rendimiento no coinciden todos los años, no son las mismas zonas de las chacras las que poseen un buen o mal comportamiento productivo. Al tercer año los productores se cuestionan, en definitiva, qué pueden hacer con toda esa información. Esas inquietudes los llevan a golpear las puertas de los centros de investigación.

Entendemos que para la investigación se abre una posibilidad muy interesante de trabajo, donde ahora cada chacra pasa a ser un "ensayo". La clave va a estar en tener la información y el conocimiento necesario para poder interpretar cuáles son las causas que determinan la variabilidad observada en los mapas de rendimiento. Esto es crucial ya que dicho conocimiento permitirá el manejo por sitio específico de las chacras, objetivo final de la AP. Este enfoque puede ser comparable al enfoque de "brecha" productiva, donde a una escala regional se intenta conocer cuáles son los factores que determinan que algunos productores logren mejores rendimientos que otros. En el caso de la AP el objetivo es el mismo, pero aplicado dentro de una chacra, es decir, entender porqué algunas zonas de las chacras tienen

El comportamiento productivo de una chacra ya no se expresa a través de su rendimiento promedio, sino que está asociado a un mapa de rendimiento

en una chacra de arroz de 60 hectáreas en California, en diferentes años. El valor de rendimiento promedio de esta chacra en cada zafra puede ahora visualizarse de diferentes maneras, por ejemplo: 1) puede reflejar el promedio de dos zonas diferentes de la chacra, una con buen comportamiento productivo y otra con un comportamiento menor, pero ambas de iguales dimensiones. 2) puede reflejar el hecho de que una zona menor de la chacra tenga un comportamiento altamente productivo, pero el resto de la chacra presentar un rendimiento menor y uniforme. 3) puede también reflejar lo inverso, es decir una zona menor pero de muy bajo rendimiento, con el resto de la chacra con un rendimiento mayor y uniforme. Así, el comportamiento productivo de esta chacra ya no se expresa a través de su rendimiento promedio, sino que está asociado a un mapa de

FIGURA 2

FIGURA 3


un comportamiento productivo superior o inferior a otras. Las metodologías de análisis empleadas en ambos tipos de estudios pueden ser similares.

ESTUDIO DE LA VARIABILIDAD ESPACIAL DEL RENDIMIENTO EN URUGUAY

Bajo esta visión es que el Programa Arroz de INIA, ha comenzado un trabajo tendiente a caracterizar la variabilidad espacial del rendimiento de arroz, en las diferentes chacras que componen la Unidad de Producción Arroz Ganadería (UPAG). Este sistema productivo integrado está ubicado en la Unidad Experimental del Paso de la Laguna (UEPL) de INIA Treinta y Tres. El proyecto tiene los siguientes objetivos: a) cuantificar la variabilidad espacial del rendimiento de las chacras, b) determinar los factores responsables de dicha variabilidad y c) evaluar la capacidad del

modelo de simulación DSSAT 3.5 Ceres-Arroz en recrear la variabilidad espacial de rendimiento observada.

Este trabajo comenzó a ejecutarse en la zafra 2002/03 en una chacra de 12 hectáreas. El proyecto cuenta con el apoyo financiero y técnico del IRI (sigla en inglés del Instituto Internacional de Investigación para la Predicción Climática; Nueva York, EE.UU.), ya que generará información para el desarrollo de un sistema espacial de soporte a la toma de decisiones basadas en la aplicación de pronósticos climáticos en la región.

En forma resumida y preliminar detallaremos algunos avances de este proyecto, como forma de visualizar los usos potenciales de estas tecnologías. Fueron seleccionados 10 lugares (puntos de monitoreo) dentro de la chacra, en los cuales se instalaron

data-loggers (Figura 2). Estos *data-loggers* poseen un sensor interno que registra la temperatura del canopio y un sensor externo que registra la temperatura del agua. Ambos tipo de sensores registraron en forma horaria la evolución de la temperatura durante todo el ciclo del cultivo. Los sensores ubicados en el agua eran instalados aproximadamente 4 cm sobre el nivel del suelo dentro de la lámina de riego. Los sensores internos eran desplazados verticalmente a medida que el cultivo se desarrollaba, intentando seguir el crecimiento de la panoja para medir la temperatura a ese nivel. La ubicación de los sensores fue georeferenciada con un GPS.

Quincenalmente se registraba la altura de lámina de riego en la posición de cada sensor. En estos 10 mismos lugares fueron extraídas muestras de suelo a tres diferentes profundidades (0-10, 10-20 y 20-30 cm). La Tabla 1 muestra las diferentes variables del suelo que fueron medidas.

Para la investigación se avizora un futuro en el cual gran parte de la información no va a ser generada en las Estaciones Experimentales

En esos 10 sitios se extrajeron muestras para determinar los componentes de rendimiento (panojas por metro, granos por panoja, peso de mil granos, porcentaje de esterilidad) y, a su vez, se cosechó un área de 3m² para la obtención del rendimiento.

Toda la información colectada fue transferida a un Sistema de Información Geográfico ArcView 3.3. A partir de esta información se realizó una interpolación espacial que, en base a los datos de los puntos observados y a la distancia con estos, generó valores para localidades (sitios) no medidas. Así fueron generados los mapas de variabilidad espacial de cada variable medida. La figura 3 muestra algunos de dichos mapas. En la Figura 3a se puede apreciar la variabilidad espacial del rendimiento en esta chacra. Como puede observarse, existió un rango de variabilidad de 2000 kilos por hectárea dentro de la misma chacra. La conformación del mapa de rendimiento es un paso realmente significativo, ya que esta área ahora no sólo posee un dato de rendimiento promedio, sino que dispone también de una caracterización objetiva de su variabilidad. En este mismo senti-

do, puede observarse en las figuras 3 b, c, d, e y f la variabilidad en los contenidos de fósforo, carbono orgánico, arena, limo y potasio, existentes dentro de esta chacra. El desafío se encuentra en poder asociar la variabilidad desplegada en estos mapas con la variabilidad productiva (mapa de rendimiento).

Con la tecnología del SIG y la estadística espacial hoy esto es posible. Los análisis realizados indicaron que para esta chacra el factor principal asociado a la variabilidad espacial de rendimiento fue la variación de los tipos de suelo.

Para esta zafra 2003/04 se piensa repetir el mismo tipo de estudio en otra chacra de similares dimensiones. El número de puntos de monitoreo será triplicado a 36 localidades. En el proyecto se integrará el trabajo de varias disciplinas del Programa Arroz. Los especialistas en fitopatología realizarán mediciones de niveles de hongos presentes en el suelo en el momento de la siembra y luego seguirán la evolución de las enfermedades en el cultivo. Los especialistas en malezas evaluarán la presión y tipo de malezas existentes en la chacra. Los especialistas en nutrición evaluarán el estatus nutritivo de la planta en diferentes momentos de la zafra así como también a la cosecha. La altura de lámina de riego y la temperatura del agua y del canopio también serán medidas a lo largo del ciclo del cultivo. El Programa Arroz del INIA visualiza la AP como una plataforma de trabajo interdisciplinario, donde estas nuevas tecnologías pueden incorporarse a las tradicionalmente utilizadas por la investigación. El fin común es determinar las posibles causas de la variabilidad productiva observada y, sobre esa base, evaluar las posibles soluciones tecnológicas que la disminuyan, maximizando de esta manera los rendimientos. Se piensa contar, en el corto plazo, con un monitor de rendimiento que será instalado en una cosechadora comercial, para, de esta manera, lograr una mejor caracterización espacial del rendimiento.

Creemos que para la investigación se avizora un futuro en el cual gran parte de la información no va a ser generada en las Estaciones Experimentales, sino que estará disponible en diferentes formatos y lugares (Internet, empresas privadas, asociaciones de productores, cooperativas, mapas de rendimiento de chacra, etc.). Será nuestro desafío poseer las herramientas necesarias para poder utilizarla. ●

Se agradece a los Ing. Agr. Gonzalo Zorrilla y Pedro Blanco por la revisión de este artículo y sus valiosas sugerencias.