

## MANEJO POR SITIO ESPECIFICO DEL CACAO BASADO EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

José Espinosa<sup>1</sup>, Francisco Mite<sup>2</sup>, Sergio Cedeño<sup>3</sup>, Sandra Barriga<sup>4</sup> y Javier Andino<sup>1</sup>

### Introducción

Las condiciones económicas y ambientales del mundo actual han promovido el desarrollo de nuevas técnicas de manejo de los cultivos. Esto es particularmente importante en cultivos perennes que enfrentan nuevos retos relacionados con la eficiencia del manejo y su efecto en la rentabilidad. Las inversiones agrícolas deben ser altamente eficientes para competir en mercado globalizado y esta eficiencia solo se logra a través de un conocimiento profundo de todos los procesos del sistema de producción. Muchas plantaciones han acumulado abundantes y costosos datos agronómicos en grandes bases de datos, sin embargo, esta información no se usa en forma efectiva para determinar claramente los factores que limitan la producción. Esto se debe a la dificultad de analizar estos datos con las herramientas convencionales. Es necesario usar nuevas herramientas para utilizar la información en forma sistemática y eficiente. Una de estas herramientas son los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El manejo por sitio específico se desarrolló inicialmente para identificar y mapear la variabilidad espacial de los nutrientes dentro de los lotes de producción y luego correlacionar esta variabilidad con la variabilidad espacial de rendimiento. Basándose en esta correlación se puede diseñar un programa de dosis variable de fertilización para minimizar la variabilidad del suelo y hacer los lotes más uniformes en términos de contenido de nutrientes y rendimientos. El mapeo de la variabilidad de nutrientes requiere de un intenso muestreo de suelos en cuadrícula en toda la propiedad lo que hace que este método sea caro en cultivos tropicales perennes. En estos cultivos, los lotes se arreglaron al inicio de la plantación teniendo en cuenta principalmente la logística. Debido a este inicial arreglo de los lotes, con un cultivo voluminoso sobre el campo, es casi imposible manejar el sistema para eliminar la variabilidad en todo el predio. En este caso es mejor trabajar con lotes ya establecidos para reconocer la variabilidad interna y si ésta es importante dividir los lotes como sea pertinente. Es más

importante conocer primero las dimensiones exactas de cada lote para trabajar sobre esa plataforma con manejo por sitio específico. Los SIG son la única manera de determinar el tamaño y forma actual de los lotes de la plantación. La demarcación precisa y la determinación exacta del tamaño de los lotes es el primer paso para mejorar el manejo de la plantación.

Como se indicó, con el concepto inicial de manejo por sitio específico para mapear la variabilidad de nutrientes se requiere de un muestreo intensivo en todos los lotes de la finca. Además de ser costoso, el análisis de suelos no ha sido calibrado para muchos de los cultivos perennes. Por otro lado, el acceso a las necesarias imágenes satelitales es costoso y difícil. Se debe buscar una forma diferente de tratar la informa-



**Foto1.** El clon de cacao CCN51 tiene alto rendimiento a completa exposición solar y alta densidad de siembra.

<sup>1</sup> INPOFOS Oficina para el Norte de Latinoamérica. Quito, Ecuador. Correo electrónico: jespinosa@ppi-ppic.org

<sup>2</sup> Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Pichilingue. Quevedo, Ecuador. Correo electrónico: fmite@tp.iniap-ecuador.gov.ec

<sup>3</sup> Hacienda Cañas, Guayaquil, Ecuador. Correo electrónico: sceden@mail.ersa.com.ec

<sup>4</sup> Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Correo electrónico: spbarrigac@hotmail.com

ción para lograr un manejo efectivo de nutrientes y otros insumos. La interpretación de la remoción de nutrientes puede ser una alternativa hasta calibrar el análisis de suelos con los datos generados en la plantación. Mientras tanto, el análisis de suelos puede ser utilizado para monitorizar otras importantes características físicas y químicas del suelo.

El cacao es un cultivo tradicional en los trópicos, pero problemas de susceptibilidad a enfermedades como escoba de bruja (*Crinipellis pernicioso*) y bajos precios internacionales los hicieron por mucho tiempo un cultivo endémico caracterizado por bajo uso de tecnología. Las variedades de cacao fino de aroma son particularmente susceptibles a estas enfermedades y tienen bajo rendimiento, llegando a producir alrededor de 900 kg/ha en óptimas condiciones. Homero Castro, un científico ecuatoriano, desarrolló en 1965 un clon de cacao de la doble hibridación de material genético Trinitario y Forastero de origen amazónico ([www.agrotropical.com/productos/cacao/](http://www.agrotropical.com/productos/cacao/)). Este nuevo clon, denominado CCN51, tiene un mayor potencial de rendimiento y resistencia a las enfermedades fungosas comunes. Estas características hacen del clon CCN51 una aceptable alternativa de producción. Con un

adecuado proceso de fermentación este tipo de cacao puede lograr buenas características de calidad. Bajo completa exposición solar y alta densidad de población el cacao CCN51 puede llegar a producir rendimientos superiores a los 4000 kg de almendras secas/ha (**Foto 1**).

**Hacienda Cañas: Un estudio de Caso**

La hacienda Cañas inició sus actividades con cacao CCN51 en 1991 en Naranjal, provincia del Guayas, Ecuador. La siembra de los diferentes lotes de producción se realizó rápidamente y al cabo de algún tiempo solamente se conocían los tamaños y formas aproximadas de estos lotes. Entre 1991 y 1993 se sembraron en cuatro densidades de siembra para identificar el potencial de rendimiento del cacao CCN51 y del sitio. Se sembraron nuevos lotes entre el año 2000 y el 2003. En este punto de desarrollo de la plantación, solamente el uso de SIG podría determinar exactamente el tamaño y distribución de los lotes. Este es el primer y crucial paso para iniciar el manejo por sitio específico de la nutrición y otros factores de la plantación.

Los rendimientos de cacao CCN51 fueron relativamente altos durante los primeros años de

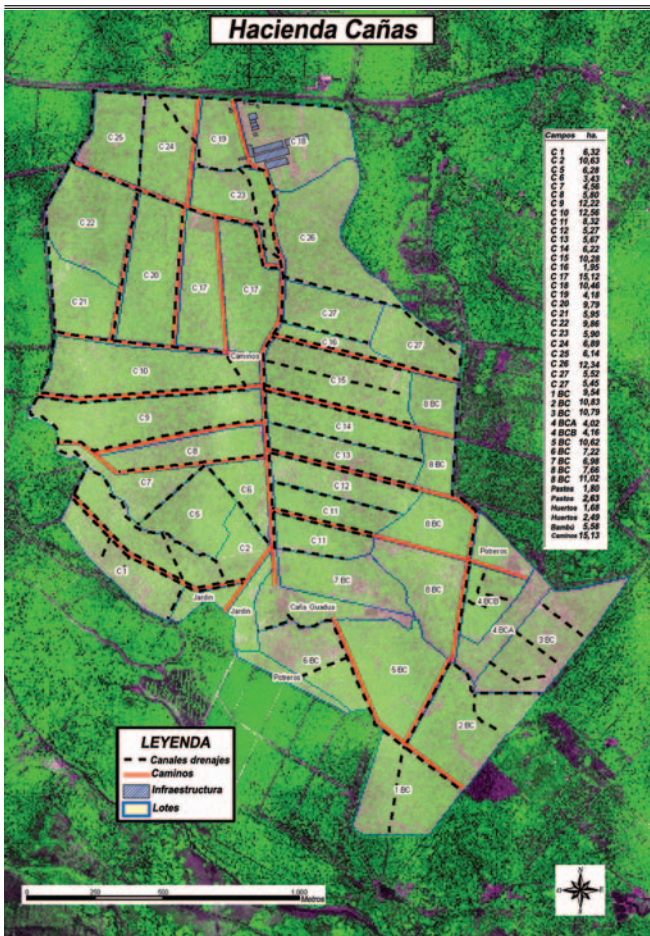


Figura 1. Tamaños y formas exactas de los lotes en la Hacienda Cañas (capa superior) obtenido con la ayuda de fotografía aérea (capa inferior) y mediciones con GPS.

**Lotes/Clasificación del Suelo Hacienda Cañas**

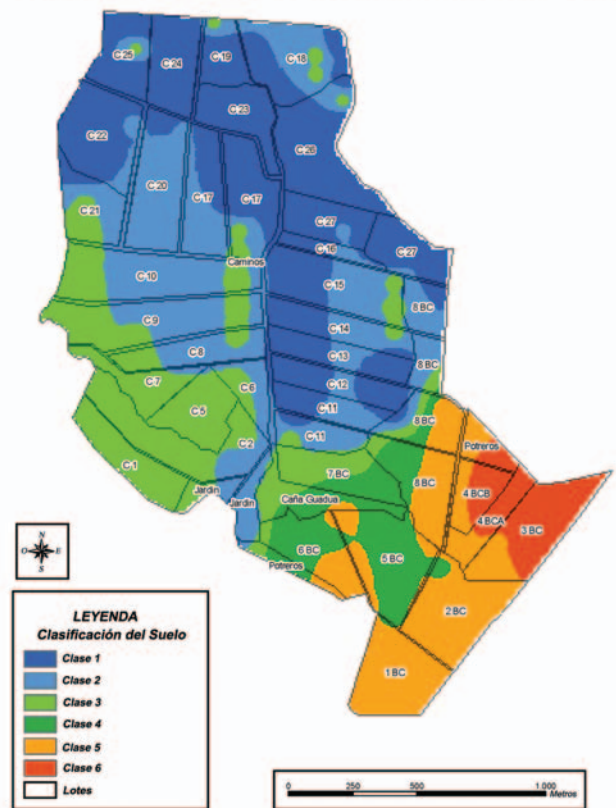
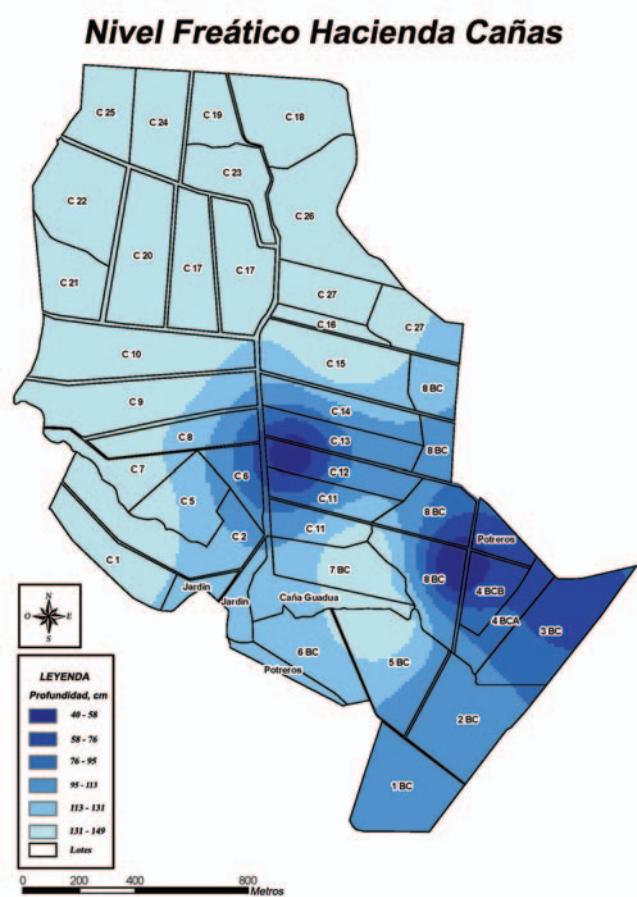


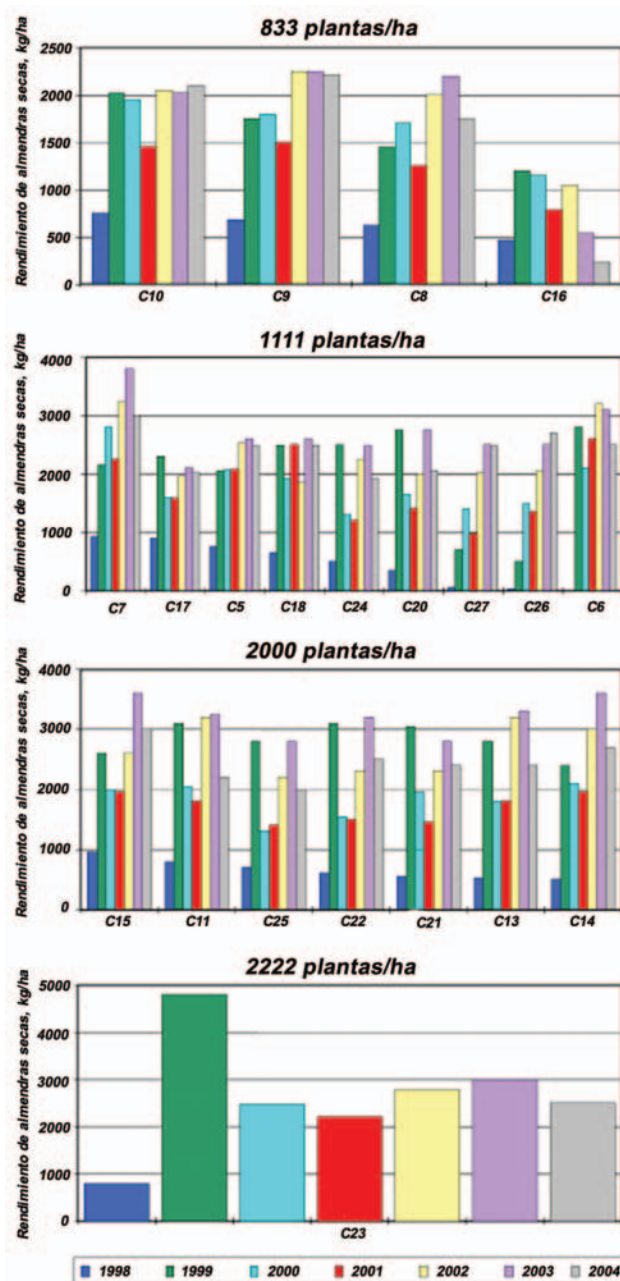
Figura 2. Capa de los lotes de tamaños exactos sobre la capa de clases de suelos.



**Figura 3.** Capa de los lotes de tamaños exactos sobre la capa de drenaje.

siembra, pero bajo completa exposición, alta densidad e inadecuado manejo de nutrientes, éstos empezaron a declinar. El manejo de la nutrición fue desarrollando hasta incluir en 1999 un programa general de análisis de suelos como base de la recomendación de fertilización. El sostenido mejoramiento de los precios internacionales del cacao desde el año 2003 proveyó de los recursos necesarios para establecer y mantener un proyecto de manejo por sitio específico basado en SIG. El primero y crucial paso de manejo por sitio específico (determinación de las dimensiones exactas de cada uso de los lotes de producción) se logró gracias a la disponibilidad de fotografía aérea geo-referenciada y orto-rectificada disponible en el CLIRSEN, Ecuador (<http://www.clirsen.com>). Utilizando la foto aérea, con el mapa planimétrico de la plantación existente y un GPS se procedió a delimitar las áreas para obtener las reales dimensiones de cada lote de producción y dibujar el nuevo mapa digital de la plantación (**Figura 1**). Esta base de datos tiene ahora las reales dimensiones y formas de los lotes y es la primera plataforma para integrar y normalizar todos los datos agronómicos acumulados por la plantación.

Se utilizó un método arbitrario para determinar la capacidad de uso del suelo para el cultivo del cacao.



**Figura 4.** Historia normalizada de rendimiento a diferentes densidades de siembra.

Este método toma en cuenta, entre otros parámetros, la textura de los primeros 90 cm del perfil y la profundidad de la tabla de aguas. Cuando la capa del mapa final de los lotes se colocó sobre la capa con el mapa de las clases de suelos se observó que la distribución inicial de los lotes de producción no tomó en cuenta las clases de suelos o productividad potencial. Se había perdido una excelente oportunidad para organizar adecuadamente los lotes de producción al inicio de la plantación (**Figura 2**).

El mapa con la información de la profundidad de la tabla de aguas fue más útil porque con esta información se puede modificar el drenaje para eliminar la saturación del suelo como factor limitante. La capa con el mapa de

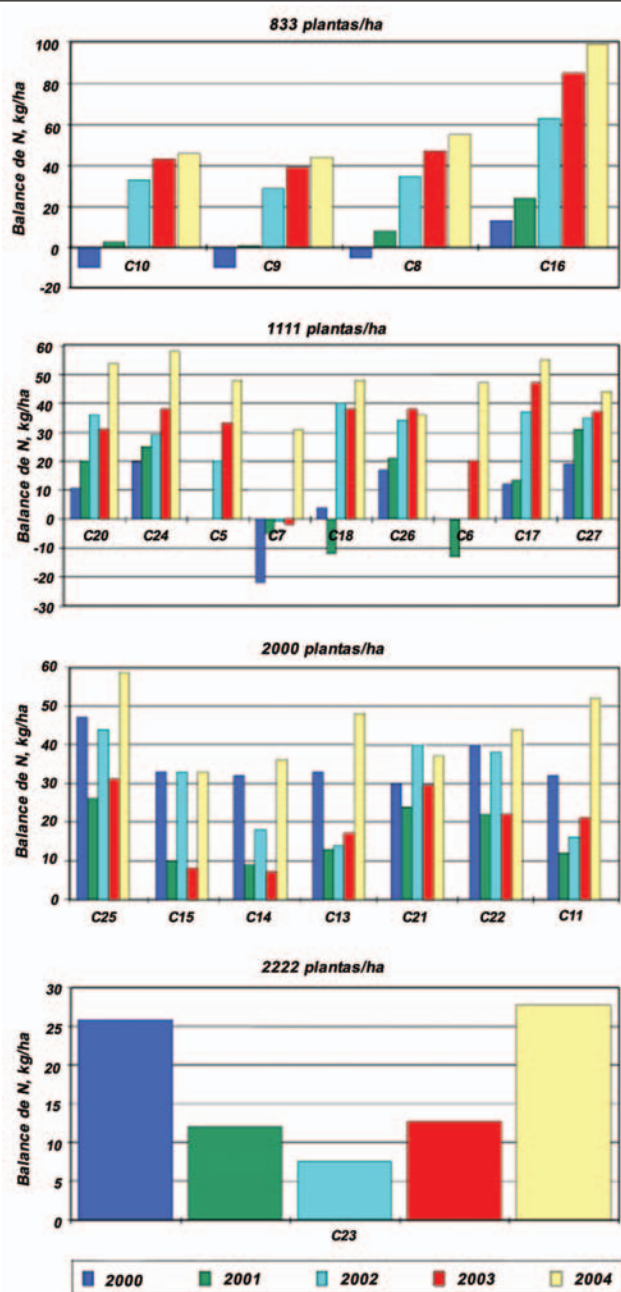


Figura 5. Historia del balance de N a diferentes densidades de siembra.

lotes de la finca sobre la capa de profundidad de la tabla de aguas se presenta en la Figura 3.

### Historia del rendimiento normalizada por los tamaños actuales de los lotes

Una vez que se determinó los correctos tamaños de los lotes, todos los datos acumulados de rendimiento fueron normalizados para reflejar este hecho. La historia del rendimiento (1998 a 2004) de cada uno de los lotes, arreglados por densidad de siembra, se presenta en la Figura 4. El rendimiento se correlaciona positivamente con las densidades. Una correlación similar (**Datos sin presentar**) se encontró entre el rendimiento y la absorción total de nutrientes. Las densidades de 2000 y 2222 plantas/ha lograron

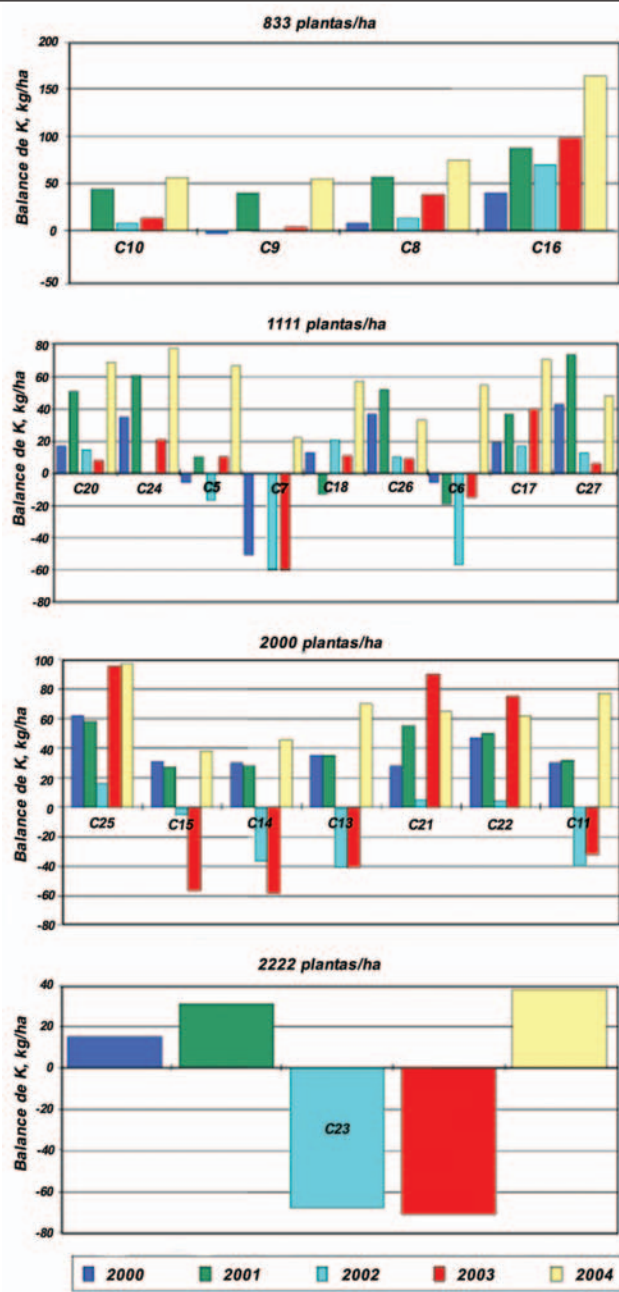


Figura 6. Historia del balance de K a diferentes densidades de siembra.

rendimientos muy altos.

El efecto de las recomendaciones de fertilización basadas en el primer análisis de suelos hecho en 1999 fue evidente en todos los lotes que respondieron con excelentes rendimientos. Sin embargo, se observó reducción de rendimiento en algunos lotes en los dos años siguientes. Esta reducción en rendimiento fue una indicación de que las recomendaciones de fertilización basadas en el análisis de suelos no estaban entregando la cantidad y el balance de nutrientes necesarios para mantener estos altos rendimientos. Esto se debe a que no existe calibración del análisis de suelos para cacao CCN51. Tratando de mejorar esta aparente falta de nutrición cada año se fueron incrementando los niveles de nutrientes.

**Tabla 1. Absorción total de nutrientes por el clon de cacao CCN51, Hacienda Cañas, Naranjal, Ecuador (2005).**

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S
————— kg/t de almendras secas —————				
28.5	13.2	57.7	12.0	3.4

### Absorción total y remoción de nutrientes

En el año 2005 se completó el estudio de absorción de nutrientes del cacao CCN51 (**Tabla 1**). Con esta información se pudo establecer la relación entre absorción total y remoción de nutrientes del campo, para con estos parámetros diseñar las futuras recomendación de fertilización. Los datos obtenidos permitieron estimar los balances de nutrientes para cada campo basándose en los datos de rendimiento (**Figuras 5 y 6**). Los balances consideran que las hojas, el material de poda y la cáscara se reciclan en el campo. Los balances también asumen una eficiencia de uso de 50% para N y 70% para K.

El balance de N sugiere que se estuvieron utilizando cantidades muy altas de este nutriente a través de los años, particularmente en el 2004. Los datos de K indican balances negativos (menos K del requerido) a las densidades más altas, aun cuando las cantidades utilizadas en el 2004 también parecen altas. La falta de balance entre N y K puede explicar las reducciones observadas de rendimiento después de la primera respuesta a la aplicación de fertilizantes de 1999. Este hecho es también evidente de los datos acumulados de K (**Datos sin presentar**). Como no existen niveles

críticos de K para el análisis de suelos (Olsen modificado) no se pudieron determinar las dosis adecuadas y el balance ofrece mejores alternativas para diseñar recomendaciones de K. Por otro lado, como no se analiza N en el suelo, el balance es la mejor alternativa para determinar dosis de este nutriente.

### Conclusiones

El manejo de la información usando SIG ha permitido a la Hacienda Cañas compilar las medidas exactas de los lotes de producción y relacionar el rendimiento con esta información. De esta manera se conoce con precisión los rendimientos por unidad de superficie y se puede iniciar un programa de manejo de nutrientes por sitio específico. La plataforma generada permite introducir todos los datos agronómicos generados a través de los años para con esto calcular la absorción total y remoción de nutrientes por lotes específicos y con esto diseñar recomendaciones de fertilización que permitan mantener los rendimientos y hacer un uso eficiente de los fertilizantes. Con esta información se puede manejar la variabilidad dentro de los lotes y si es necesario se pueden dividir o reorganizar los lotes para minimizar el impacto de la variabilidad en la producción. Eventualmente, la información de rendimiento y remoción de nutrientes puede correlacionarse con el análisis de suelos para obtener los niveles críticos de todos los nutrientes (excepto N) necesarios para calibrar y utilizar esta herramienta como ayuda para diseñar las recomendaciones de fertilización.

**Nota: Los autores agradecen al cuerpo técnico y administrativo de la Hacienda Cañas por el apoyo logístico y por permitir el uso de sus datos en este artículo. ♦**