

# MANEJO AGRONÓMICO POR AMBIENTE (MAPA)

## ENFOQUE PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA DE GUATEMALA

*Braulio Ramiro Villatoro Villatoro<sup>1</sup>, Adlai Ademir Meneses Ojeda<sup>2</sup>*

### Resumen

El proyecto MAPA consiste en dos componentes principales: el “Sistema de Información Agronómico”; el cual es un sistema de mapas en línea y la “Guía de recomendaciones de manejo”; las cuales se proporcionan en forma de capas ó documentos técnicos. En el 2011 se aprobó el proyecto para obtener una base de datos comerciales de productividad en el nivel de lote del área administrada por los ingenios de Guatemala. Actualmente, la base de datos tiene información de 3 zafras: 2010-11, 2011-12 y 2012-13. El área Sistemas de Información para Agricultura de Precisión (SIAP) de CENGICAÑA, tiene la información geográfica (shapefiles) de los lotes administrados por los ingenios. Con estos insumos se desarrolló en el año 2012 el Sistema de Información Agronómico; el cual se encuentra en la página web de CENGICAÑA [www.cengicana.org](http://www.cengicana.org). Tiene 3 grupos de capas: “Análisis de Productividad”, “Zonificación Agroecológica” y “Factores de manejo”. En “Análisis de Productividad” se tiene información de daño por rata, daño por barrenador y productividad; con las variables: toneladas de caña por hectárea, toneladas de azúcar por hectárea, rendimiento industrial, variedad, edad y fecha de cosecha, numero de corte, tipo de corte, fertilizante aplicado, tipo de riego, dosis de madurador. En “Zonificación agroecológica” se tienen dos capas; una con las características de las zonas y otra con la productividad por zona por ingenio. En “Factores de manejo” hay capas que ha generado CENGICAÑA; materia orgánica, fósforo, potasio, pH, calcio, magnesio, textura e influencia de estaciones meteorológicas. El objetivo principal es realizar el análisis espacial de la base de datos usando como base la primera aproximación de la Zonificación Agroecológica para el cultivo de Caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala (Villatoro *et al*, 2009). A través del cual se espera a corto plazo, dar recomendaciones de la ubicación de las variedades en las zonas agroecológicas donde expresen mejor su potencial y a mediano plazo

---

<sup>1</sup> Ing. Agr. en Sistemas de Producción Agrícola. . [bvillatoro@cengicana.org](mailto:bvillatoro@cengicana.org) Especialista en Sistemas de Información para Agricultura de Precisión;

<sup>2</sup> Ing. Agr. M. Sc. [ameneses@cengicana.org](mailto:ameneses@cengicana.org). Coordinador del Programa de Capacitación. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA). Estación Experimental. Finca Camantulul Km 92.5 carretera a Santa Lucia Cotzumalguapa. Escuintla, Guatemala

comparar las prácticas de manejo utilizadas por los distintos ingenios. Se puede utilizar para: análisis de productividad, ubicación de variedades e investigación.

## **INTRODUCCIÓN**

En el 2011 fue aprobado el proyecto para obtener una base de datos comerciales de productividad en el nivel de lote del área administrada por los ingenios de la Agroindustria Azucarera de Guatemala. El proyecto está a cargo del área de “Análisis de Productividad” de CENGICAÑA, con el apoyo del área Sistemas de Información para Agricultura de Precisión (SIAP) respecto a la ubicación y análisis espacial de la información. Con la colaboración de los ingenios se integra la base de datos; actualmente se cuenta con información de tres zafras: 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013. A la base de datos se tiene acceso a través de la página web de CENGICAÑA. La base de datos contiene las variables de clasificación: variables de ubicación, variables de productividad y variables de manejo.

CENGICAÑA en otras bases de datos tiene información en el nivel de lote de las variables: familia de suelo, grupo de manejo de suelos (CENGICAÑA, 2002), grupo de humedad (CENGICAÑA, 2008), porcentaje de infestación de rata cañera, porcentaje de intensidad de infestación de barrenador. Además el área de SIAP ha ido generando capas de información de la zona cañera tales como: mapas de fertilidad y texturas (Villatoro *et al*, 2009) (pH, materia orgánica, fósforo, potasio, calcio, magnesio y texturas), vetas de arena (Villatoro *et al*, 2011), estratificación altitudinal (CENGICAÑA, 2009), Estudio semidetallado de suelos (CENGICAÑA, 1996). También hay información a nivel de todo el país que se ha obtenido del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); por ejemplo: ortofotos (MAGA, 2006), modelo de elevación digital (MAGA, 2001), carreteras asfaltadas, poblados.

El proyecto MAPA consiste en dos componentes principales: el “Sistema de Información Agronómico”; el cual es un sistema de mapas en línea y la “Guía de recomendaciones de manejo con enfoque MAPA”; la que es proporcionada en forma de capas, archivos electrónicos o documentos técnicos. En el 2012 se puso a disposición de los clientes de CENGICAÑA el Sistema de Información Agronómico, el cual está compuesto por 3 grupos de capas de información: Análisis de Productividad, Zonificación Agroecológica y Factores de manejo. El sistema se desarrolló en un ambiente web.

El objetivo principal de este proyecto es realizar el análisis espacial (mapas, gráficas, ubicación, referencias) de la base de datos para lo cual se utiliza el sistema de información geográfico de CENGICAÑA. Dentro de este análisis, se busca obtener la respuesta en productividad de las variedades de caña de azúcar sembradas en el área administrada a las diferentes prácticas de manejo y a las condiciones climáticas-edáficas con las que se realizó la primera aproximación de la Zonificación Agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en la zona cañera de la costa sur de Guatemala (Villatoro *et al*, 2009). A través del análisis de la base de datos se espera a corto plazo, dar recomendaciones de la ubicación de las variedades en las zonas agroecológicas donde expresen mejor su potencial y a mediano plazo comparar las prácticas de manejo utilizadas por los distintos ingenios; con el objetivo de aumentar la productividad de la Agroindustria Azucarera de Guatemala. Se puede utilizar para: análisis de productividad, ubicación apropiada de variedades, respuesta a las diferentes prácticas de manejo, agricultura de precisión y como referencia para proyectos de investigación en general.

## MÉTODOS Y RECURSOS

### Recolección de datos

*Información geográfica:* Los ingenios en el 2009 proporcionaron las capas de información (shapefiles) de sus lotes administrados a CENGICAÑA para poder hacer mapas de interés gremial a nivel de lote. Estas capas se han actualizado de forma anual desde el 2010.

*Información de productividad:* Para obtener la base de datos en el nivel de lote, el área Análisis de Productividad de manera conjunta con los ingenios realizaron la boleta para la recolección de datos; dicha boleta es enviada por los ingenios de forma semanal con la información de los lotes cosechados para que se incorpore a la base de datos. La base de datos está almacenada en el software MySQL. Las variables de la base de datos se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Variables de la base de datos de información comercial de productividad en el nivel de lote**

TIPO VARIABLE	VARIABLE	DIMENSIONAL
Ubicación	Ingenio	Nombre
	Zafra	Período de zafra
	Zona de Producción	Zona longitudinal
	Estrato	Zona altitudinal
	Número de lote	Depende de cada ingenio
	Área	Hectáreas
Productividad	Toneladas de caña cosechadas	Toneladas métricas totales
	Rendimiento industrial	% de sacarosa por tonelada de caña
	Pol por ciento caña en core sampler	% de sacarosa por tonelada de caña
	Edad de cosecha	Meses
	Variedad	
Manejo	Nitrógeno (N)	Kilos por hectárea
	Fósforo (P)	Kilos por hectárea
	Potasio (K)	Kilos por hectárea
	Sulfato de amonio	Kilos por hectárea
	Vinaza	Toneladas por hectárea
	Cachaza	Toneladas por hectárea
	Tipo de Riego	Indica tipo no láminas
	Dosis de madurante	6 rangos de dosis
	Numero de corte	Plantía o número de Soca
	Mes de corte	
Tipo de corte	Manual o Mecánico	

### **Ubicación espacial de la información**

Con la ayuda del Sistema de Información Geográfico (SIG) se ha realizado la ubicación espacial de los lotes administrados por los ingenios utilizando como referencia las capas de información que ha generado el área de SIAP. Utilizando la herramienta *join* de tipo *data from another layer based on spatial location* se le ha agregado la información de la zonificación agroecológica y estratificación altitudinal, a cada una de las capas de los ingenios, posteriormente a eso se exportan a un formato de bases de datos, lo cual le permite al área de Análisis de Productividad saber la ubicación espacial de los lotes para su análisis respectivo; este procedimiento se ha realizado al inicio de cada zafra. El área Análisis de Productividad verifica antes del inicio de zafra, en cada ingenio los lotes a cosechar en la nueva zafra, al comparar las bases de datos, cuando existen lotes nuevos, el área de SIAP realiza este procedimiento nuevamente para que cuando ingresa la información de los lotes ya se tenga ubicado espacialmente. Al utilizar la herramienta *join* de tipo *atributtes from a table*, se agrega la base de datos computada a las capas de los lotes administrados por los ingenios. El SIG que se utiliza es ArcView® v. 9.3 de ArcGIS® de ESRI.

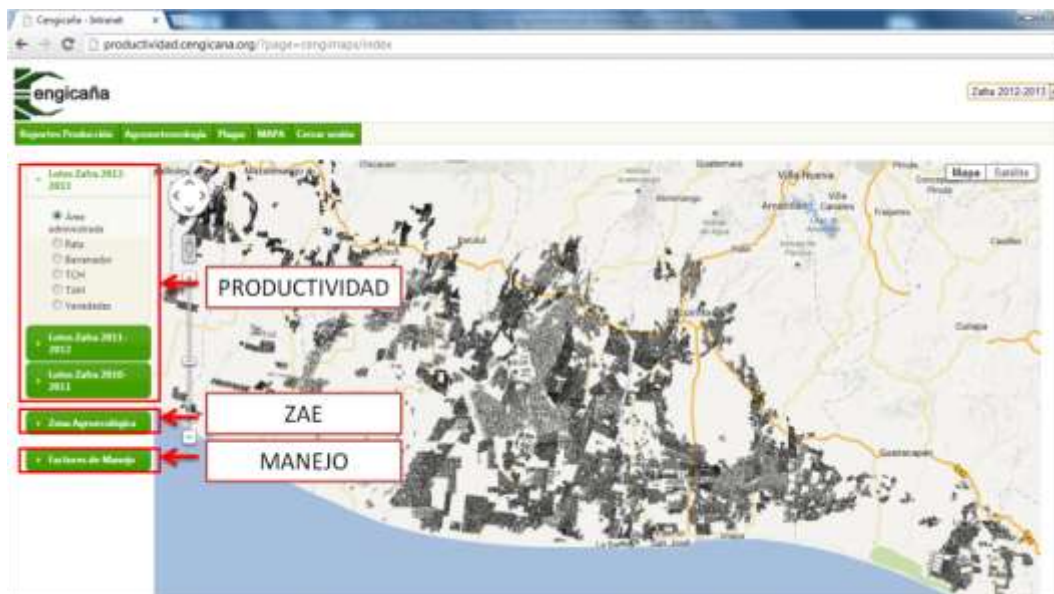
### **Publicación de base de datos**

La base de datos se encuentra de forma electrónica en la página web de CENGICANA [www.cengicana.org](http://www.cengicana.org). Se puede acceder a la base de datos dando un “click” en el ítem “Análisis de Productividad”; posterior a esto se necesita contar con credenciales de acceso al sistema a través de una dirección de correo electrónico y una contraseña proporcionada por el área de Análisis de Productividad.

## Sistema de Información Agronómico

Es el componente del proyecto MAPA, en el cual están disponibles las capas de información para el análisis gráfico de la base de datos. Es una aplicación desarrollada por CENGICAÑA, disponible en la página web [www.cengicana.org](http://www.cengicana.org). Se puede acceder al sistema dando un “click” en el ítem “Manejo Agronómico por Ambiente”. El sistema tiene un interfaz gráfico, con el cual se puede obtener los datos de las distintas capas de información y bases de datos a través de darle un “click” al área de interés.

Las capas utilizan como soporte la aplicación Google Maps®/Earth®. Lo que permite tener al fondo de las capas las imágenes digitales de Google. El interfaz del sistema se puede observar en la Figura 1.



**Figura 1. Interfaz de la pantalla principal del Sistema de Información Agronómico**

El sistema está compuesto de 3 grupos de capas. Análisis de Productividad, Zonificación Agroecológica y Factores de Manejo. Los grupos de capas, capas de información y los datos disponibles de cada capa están descritos en el Cuadro 2.

**Cuadro 2. Grupos de capas, capas de información y datos disponibles de cada capa del Sistema de Información Agronómico.**

<b>GRUPO</b>	<b>CAPA</b>	<b>INFORMACIÓN DISPONIBLE</b>
Análisis de Productividad	Área administrada	Se observa la forma de los lotes y el número del lote
	Daño por Rata	Porcentaje de infestación al momento de la cosecha
	Daño por Barrenador	Porcentaje de intensidad de infestación al momento de la cosecha
	TCH (toneladas métricas de caña por hectárea)	Variables de la base de datos de productividad
	TAH (toneladas métricas de azúcar por hectárea)	Variables de la base de datos de productividad
	Variedades	Variables de la base de datos de productividad (cuadro 1)
Zona Agroecológica	ZAE Características	Código de zona, Número de zona, Grupo de suelo y Grupo de humedad
	ZAE Producción	Promedio por ingenio de TCH y TAH de la zona consultada
Factores de Manejo	Materia Orgánica	Porcentaje de materia orgánica y las recomendaciones de aplicación de N
	Fósforo	ppm de fósforo disponible y las recomendaciones de aplicación de P
	Potasio	ppm de potasio intercambiable y las recomendaciones de aplicación de K
	Calcio	ppm de calcio
	Magnesio	ppm de magnesio
	pH	Nivel de Ph
	Texturas	Clase textural
	Arena	Porcentaje de arena
	Limo	Porcentaje de limo
	Arcilla	Porcentaje de arcilla
Influencia estaciones	Nombre y Código de la Estación Meteorológica que tiene influencia sobre el lote	

Se han establecido escalas de colores diferentes para cada una de las capas de información, las cuales facilitan el análisis gráfico. Por ejemplo, para el caso de las variedades; los tonos amarillos-naranjas indican las variedades CP (Canal Point, USA); los tonos verdes son de las variedades CG (CENGICAÑA, Guatemala) y los tonos azules-morados son para el resto de variedades introducidas. Se puede observar en la Figura 2 un ejemplo del interfaz que se obtiene al darle un “click” a la capa de información TCH.



**Figura 2. Interfaz de la capa de información TCH.**

## **APLICACIONES DE MAPA**

### **Planeamiento Varietal**

El Programa de Variedades de CENGICANA está realizando el proyecto “Apoyo y Seguimiento a la Adopción de Variedades” en los distintos ingenios de Guatemala. Dentro de este proyecto se está llevando a cabo la planificación de la ubicación más apropiada de las variedades de caña con el fin de implementarlo a corto y mediano plazo. El área de SIAP proporciona el apoyo con el análisis de la información espacial con que se cuenta en la base de datos, dicho análisis se realiza utilizando como base la zonificación agroecológica y el Sistema de Información Agronómico de MAPA. Hasta junio de 2013, se ha realizado este proyecto en los ingenios Magdalena, Santa Ana y Trinidad.

El área de SIAP, aporta el análisis geográfico de la base de datos; el personal del Programa de Variedades de CENGICANA, aporta el conocimiento de las variedades y su respuesta en las distintas condiciones de la zona de producción de caña de azúcar. De parte de los ingenios

participa el encargado de variedades del ingenio, administradores y mayordomos encargados de la producción de caña, éstos últimos conocen en detalle cada uno de los lotes y aportan este conocimiento para ubicar de mejor forma las variedades.

### **Procedimiento para elaborar el Planeamiento Varietal**

El procedimiento que se utilizó con los distintos ingenios es el siguiente:

- Se utiliza el Sistema de Información Geográfico ArcView® v.9.3 de ArcGIS® de ESRI.
- Se carga la capa de los lotes administrados por el ingenio en la zafra 2012-2013 donde ya se tenía incorporada la base de datos de productividad.
- Se utilizan las capas de información geográfica: zonificación agroecológica, estratificación altitudinal, vetas de arena, mapas de texturas, ortofotos en formato RGB (a color) y CIR (infrarojo cercano)
- Se cargan las capas de productividad de todos los ingenios.
- En cada lote se observa la producción histórica que ha tenido el lote con la variedad actual y se compara con los lotes vecinos y con los resultados de la zona agroecológica.
- Se analizan las capas de vetas de arena y en algunos casos cuando existe duda se carga la ortofoto (fotografía aérea ortorectificada) respectiva, además se realizan llamadas telefónicas a otro personal de campo, para aclarar alguna duda que surja.
- Se utiliza el Directorio Varietal del Programa de Variedades, para realizar la sugerencia de las variedades nuevas o más apropiadas según las posibilidades de adaptación en términos de altitud y maduración.
- Se toma en cuenta el mes de corte a futuro para poder ubicar las variedades en el mes de corte en que ha presentado los mejores resultados. Tradicionalmente se han utilizado algunas

variedades en todos los meses de zafra o en todas las zonas agroecológicas y no en todas éstas áreas se logra obtener el potencial productivo de las variedades.

**Plan de reordenamiento varietal del ingenio Magdalena:** En el plan participó personal del departamento de Investigación del ingenio y los Administradores de zona, acompañados de Jefes de zona del ingenio Magdalena. Se elaboró el plan de manejo varietal del ingenio para el corto y mediano plazo, el cual se espera que se implemente en un período de cinco años. Actualmente se está llevando a cabo la revisión de la primera versión haciendo una readecuación del plan original. En la Figura 3 se presenta un ejemplo de la composición varietal de la zafra 2011-2012 y en la Figura 4 la propuesta que resultó del plan de reordenamiento varietal

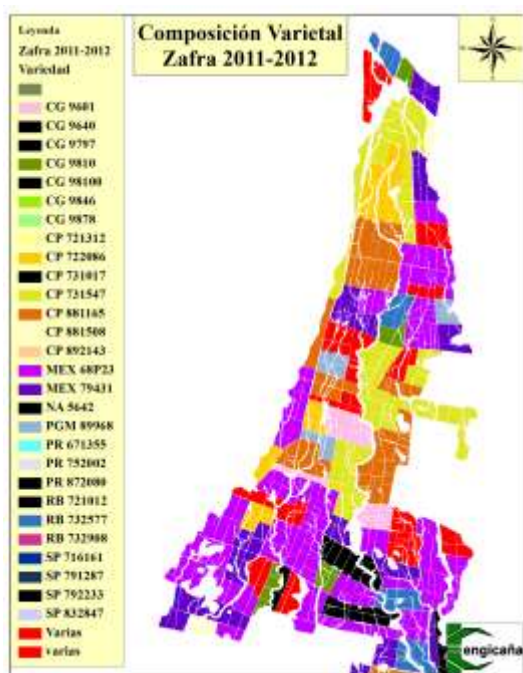


Figura 3. Composición Varietal Zafra 2011-2012

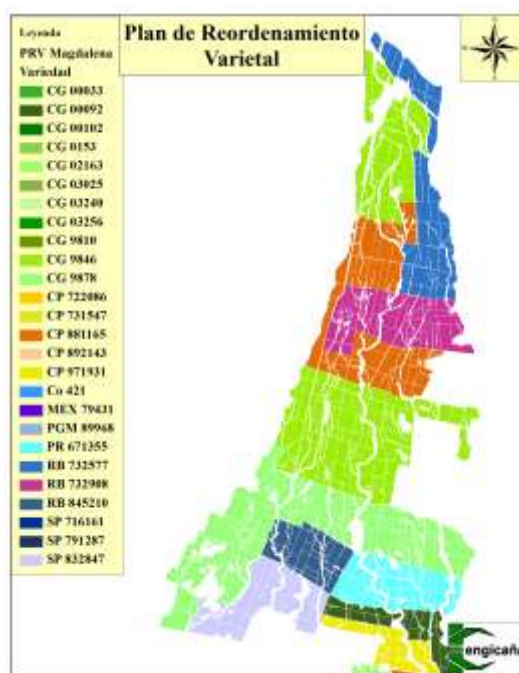


Figura 4. Plan de Reordenamiento Varietal

**Plan macro varietal del ingenio Santa Ana:** En el plan participaron los Jefes de zona, Asistentes del jefe de zona, Superintendente de campo, Gerente agrícola y un miembro de la Junta Directiva. La primera versión se realizó para implementarlo durante la zafra 2012-2013. En las Figuras 5 y



Como se observa en las Figuras 4, 6 y 8, se programaron bloques de cosecha con base al mes de corte, los cuales deberían mejorar las prácticas de manejo. Las variedades propuestas son elegidas con base a las características del suelo y a la producción que se ha obtenido en el ingenio y en lotes cercanos de otros ingenios. Un aspecto muy importante es el tomar en cuenta el mes de corte para evitar cosechar variedades en meses que no son los idóneos para éstas.

### **Análisis de Productividad**

CENGICAÑA, desde su creación ha realizado análisis de productividad, entre los distintos ingenios. En el año 1995, con un dato por ingenio; en 1997, con 3 datos por ingenio; en el año 2007 con 20 zonas de producción, con base a esto se realizaba el análisis. Lo complejo de las zonas de producción, radica en que los límites de las zonas son ríos y cotas de altitud, con lo cual la comparación no se hacía en igualdad de condiciones (desde el punto de vista de suelos). En 2009 se entregó la Zonificación Agroecológica (1era. aproximación) (Villatoro *et al*, 2009); la cual se utiliza para realizar el análisis de productividad. A través de MAPA, se puede realizar un análisis geográfico de la productividad, además de comparar las variables de productividad. Una ventaja de MAPA, es que le permite a los técnicos de los ingenios ver la producción de los lotes vecinos, esta referencia es importante puesto que indica el nivel de productividad de un lote y sus vecinos comparables.

El objetivo de este análisis es demostrar el potencial de uso que pueden tener las variedades y las prácticas de manejo en las distintas zonas agroecológicas y que esto permita a aquellas zonas que tienen una productividad menor, opciones para aumentarla.

Se presenta un análisis a manera de ejemplo con la zona agroecológica 12 (S03H5), para demostrar algunos resultados que se pueden obtener para aprovechar la base de datos comercial que administra CENGICAÑA en el nivel de lote. Se analizaron mensualmente las variedades que

se cosecharon en dicha zona, señalando con una línea el promedio por mes que se obtuvo, lo cual sirve de comparador y permite apreciar las oportunidades de mejora que se tienen al tener caña sembrada en condiciones similares de suelo y clima.

En la Figura 9 se presentan el TCH promedio y el área cortada. En la Figura 10 se presentan el TAH promedio y el promedio de rendimiento, para enero de 2012.

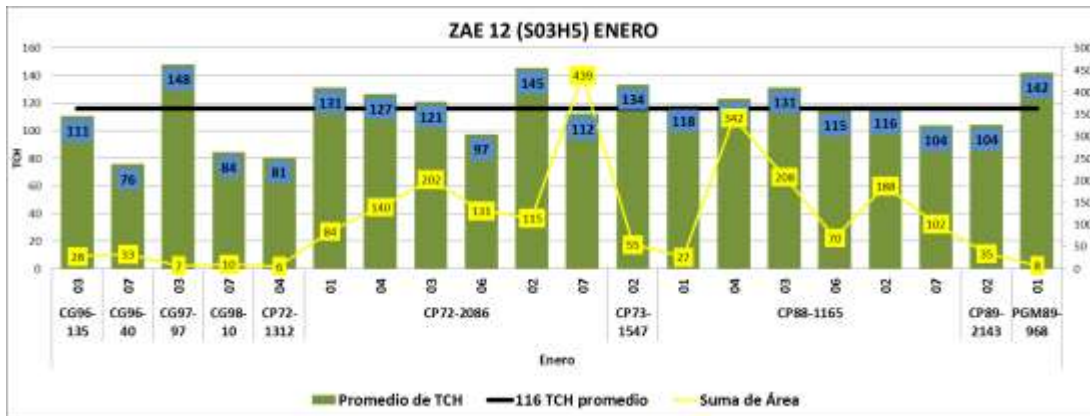


Figura 9. TCH y área cosechada en el mes de enero en la ZAE 12 (S03H5). Zafra 2011-2012

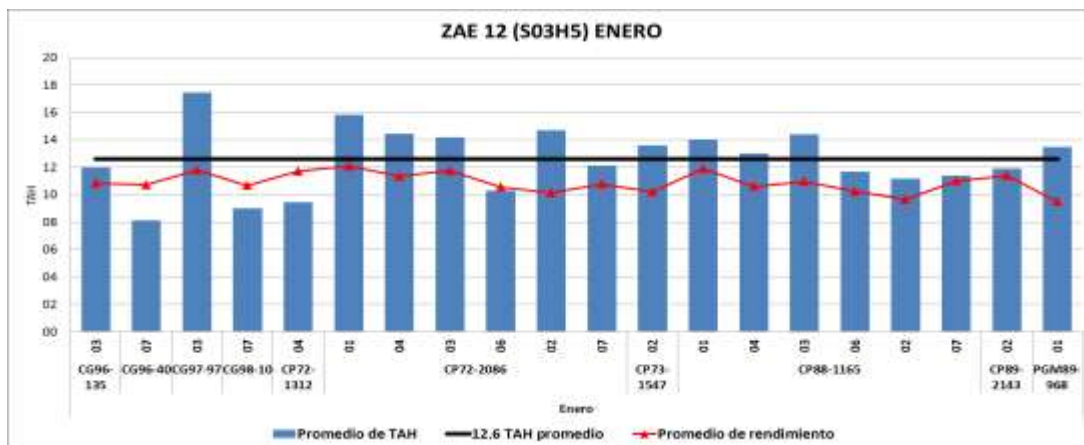


Figura 10. TAH y rendimiento del mes de enero en la ZAE 12 (S03H5). Zafra 2011-2012

En las Figuras 9 y 10 se observa la tendencia de los valores de TCH (116 TCH promedio) y TAH (12.6 TAH promedio) de la caña cortada en enero, en la ZAE 12. Por ejemplo, con la variedad CP72-2086 el ingenio “02” obtuvo 29 TCH y 2.1 TAH arriba de los promedios de la zona. El ingenio “01” obtuvo 15 TCH y 3.6 TAH arriba de los promedios. El ingenio “04” cosechó 11 TCH y 1.8 TAH más que el promedio; lo cual puede ser un parámetro a tomar en cuenta para el

ingenio “06” que resultó con 19 TCH y 2.3 TAH menos que el promedio teniendo una diferencia de 48 TCH y 4.3 TAH con respecto al ingenio “02”.

### **Agradecimiento**

Al Ing. Agr. M.Sc. Fredy Longo e Ing. Agr. M.Sc. Otto Castro por la revisión y sugerencias en la realización de este trabajo.

### **BIBLIOGRAFÍA**

1. CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). 1996. Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Ingeniería del Campo Ltda. Compañía Consultora. GT. 216 p.
2. \_\_\_\_\_2002. Grupos de Manejo de Suelos de la Zona Cañera de Guatemala. *In:* Informe Anual 2001-2002. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. CENGICAÑA. GT. p 37-39.
3. \_\_\_\_\_2009. Estratificación de la zona cañera de Guatemala. *In:* Informe Anual 2007-2008. CENGICAÑA. GT. p 71-73.
4. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2001. Mapa de Elevación del Terreno de la República de Guatemala.
5. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). 2006. Obtención de Imágenes Digitales a escala de detalle de la República de Guatemala.
6. VILLATORO, B.; VALIENTE, P.; CONSUEGRA, C.; RAMÍREZ, C.; DE LEÓN, P.; DEL CID, J.; AQUINO, B.; RODRÍGUEZ, M.; MOLINA, I.; MONZÓN, J. 2011. Vetas de arena en la Planicie Costera del Pacífico. Su digitalización: una herramienta para toma de decisiones. *In:* Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2010-2011. CENGICAÑA, GT. p. 253-260.
7. VILLATORO, B; PÉREZ, O; SUÁREZ, A; CASTRO, O; RODRÍGUEZ, M; UFER, C. 2009. Zonificación Agroecológica para el Cultivo de Caña de Azúcar en la Zona Cañera de la Costa Sur de Guatemala -1era. Aproximación-. *In:* Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2008-2009. CENGICAÑA. GT. p 226-239.
8. VILLATORO, B; PÉREZ, O; SUÁREZ, A; DE CANO, W; DEL CID, J. 2009. Segunda aproximación de mapas temáticos de fertilidad y texturas: Herramienta de apoyo para la Agroindustria Azucarera Guatemalteca. *In:* Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2008-2009. CENGICAÑA. GT. p 240-248.
9. VILLATORO, B; SUÁREZ, A; CASTRO, O. 2008. Balance Hídrico 2000-2006 de la zona cañera de Guatemala. *In:* Memoria. Presentación de resultados de investigación. Zafra 2007-2008. CENGICAÑA. GT. p 222-227.