

**LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL  
DE LA CAÑA DE AZÚCAR  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y  
EXTENSIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR**



**DETERMINACIÓN DEL GRADO DE VARIABILIDAD  
INDUSTRIAL EN COSTA RICA, VERIFICADO  
MEDIANTE EL MUESTREO DE MATERIA PRIMA  
COMERCIAL DE CAÑA DE AZÚCAR**

**Marco Chaves Solera <sup>1/</sup>  
José M. Rodríguez Fernández  
Julio C. Barrantes Mora  
Gilberto Calderón Araya**

**SAN JOSÉ, COSTA RICA  
JULIO 2002**

## A. INTRODUCCIÓN \*

Por mucho tiempo ha persistido la inquietud entre algunos productores de caña de azúcar del país, que aseguran haber notado y hasta tener evidencia de importantes diferencias verificadas en los análisis químicos de calidad industrial, realizados a lotes de materia prima producidos y cosechados en condiciones en apariencia homogéneas; donde la variabilidad y las diferencias que pudieran existir y esperarse, no deberían en principio superar ciertos límites lógicos de aceptabilidad, los cuales se desconocen y por tanto no se indican y menos aún se cuantifican.

Esta condición de variabilidad la ubican y refieren a lotes de caña procedentes muchas veces de un mismo frente de corta, de una misma condición productiva y de manejo agronómico de la plantación, una misma carreta, un mismo ingenio y localidad. Esta situación ha generado consecuentemente algún desconcierto y algo de incertidumbre.

Hay que reconocer que existen por otra parte, suficientes y muy sólidos argumentos técnicos que demuestran la consistencia, la representatividad y la validez de los métodos de muestreo y análisis químico de calidad, de la caña que ingresa a los ingenios del país. Así como también, la enorme y valiosa experiencia capitalizada por la agroindustria azucarera costarricense en esta materia a través de los años, lo que le ha valido un amplio reconocimiento internacional.

Preocupados por estas dudas que en principio podrían teóricamente atribuirse a numerosas causas propias del heterogéneo entorno productivo, la materia prima procesada, la muestra de caña analizada y el método de análisis químico empleado; se estimó conveniente y prudente realizar un esfuerzo por procurar identificar y cuantificar, la posible variación que pudiera existir y estar induciendo si es que la hay, alguna influencia sobre los resultados de los análisis químicos de calidad industrial de la materia prima.

Es mucha la materia que en teoría puede desarrollarse y los argumentos que podrían esgrimirse a favor y en contra de un determinado factor, para atribuir y justificar las posibles causas de la variación, pero cabe objetiva y responsablemente preguntarse en este caso ¿Cuál es el grado de variación natural de una muestra de caña? ¿Cuánto es el grado de variación aceptable en un análisis químico de esta naturaleza? ¿Están claramente definidas y cuantificadas las variables (controlables y no controlables) que intervienen en los resultados? ¿Podría ser un problema fundamentalmente de muestreo? ¿Hay diferencias extremas importantes en el resultado de los análisis realizados entre las muestras y el total de la entrega comercial? En realidad las respuestas son complejas y sólo estudios desarrollados con “rigor científico”, podrían aportar elementos que permitan dilucidar el asunto con mejores criterios.

Motivados por esta situación y con el objeto de contribuir a dilucidar la posible existencia de variabilidad importante y significativa, en el resultado de los análisis químicos de calidad industrial de la materia prima que ingresa a los ingenios nacionales para su

---

<sup>1/</sup> \*\*Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). E-mail: [mchavez@laica.co.cr](mailto:mchavez@laica.co.cr). Teléfono (506) 284-6066, fax (506) 223-0839. Trabajo publicado por DIECA en julio del 2002.

valoración, se realizó el presente estudio de campo en tres regiones productoras de caña de azúcar y siete ingenios nacionales.

## **B. OBJETIVOS**

### ***B.1 General***

Determinar el grado de variación en los resultados de los análisis de calidad industrial de la materia prima comercial de caña de azúcar, entregada a siete ingenios nacionales ubicados en tres regiones productoras.

### ***B.2 Específicos***

- Cuantificar el grado de variabilidad industrial de una muestra de caña de azúcar analizada en diferentes ingenios de una misma región productora.
- Conocer el grado de variación existente en el análisis industrial de calidad de una muestra de caña, analizada en dos ingenios de diferentes regiones productoras (Pérez Zeledón y Grecia).
- Cuantificar la variación de calidad Industrial de muestras de caña de diferente volumen y peso (kg), procedente de una misma materia prima.
- Medir comparativamente el grado de variabilidad de los análisis químicos de calidad industrial de muestras de caña (manual y comercial), evaluada en ingenios de una misma región productora.
- Verificar el grado de consistencia, representatividad y estabilidad del método de análisis químico empleado en los análisis de calidad industrial de la materia prima en Costa Rica.

## **C. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

Se estableció como hipótesis de trabajo la premisa de que “no existen diferencias estadísticamente significativas (1% y 5%) en los resultados de los Análisis Industriales de Calidad, de entregas comerciales de caña de azúcar que ingresan a los ingenios para su valoración. De haberlas, éstas estarían influenciadas y determinadas mayoritariamente por factores atinentes propiamente a la muestra de caña evaluada, y no al método de análisis empleado”.

## D. METODOLOGÍA

El estudio de campo para cumplir con los objetivos planteados y evaluar la hipótesis de trabajo establecida inicialmente, fue realizado siguiendo en todos los casos analizados el mismo procedimiento y la misma metodología; la cual consistió en identificar en primera instancia, un frente de corta de caña representativo en cada una de las tres regiones productoras evaluadas.

En dicho frente de cosecha se tenía caña comercial ya cortada dispuesta en “rumas”, las cuales por su tamaño y ubicación dentro de la finca, correspondían a caña de la misma variedad producida en condiciones de suelo, clima, manejo y cosecha muy homogéneas, lo que eliminaba en un alto grado posibles variaciones inducidas por esos factores.

En dichas “rumas” se recolectaron en forma manual, muestras individuales, homogéneas y representativas de caña que fueron identificadas y enviadas de inmediato a los ingenios de la zona, donde se realizaron las evaluaciones industriales comparativas. Es importante señalar que dichas muestras fueron obtenidas al azar, no eliminándoles la materia extraña (basura) contenida, procurando con ello alcanzar la mayor representatividad posible.

También se procedió a cargar complementariamente una carreta con caña procedente de la misma “ruma”, la cual actuó en este caso como “entrega comercial”. Esta carreta fue llevada a uno (no a todos) de los ingenios de cada región estudiada para su respectivo análisis industrial de calidad. El peso de dicha carreta varió en todos los casos entre 4 y 5 toneladas de materia prima. Tanto las muestras manuales como la carreta comercial, fueron transportadas y analizadas simultáneamente, eliminando posibles diferencias de tiempo en los análisis.

De esta forma se identificaron y establecieron entonces varias fuentes de variación en el estudio, como fueron:

- 1) Caña de la carreta (entrega comercial) que ingresó al Ingenio (uno solo) para su muestreo, análisis y procesamiento industrial.
- 2) Muestras de caña de un mismo lote (ruma) tomadas en forma manual, y enviadas a varios Ingenios de la misma región para su respectivo análisis químico comparativo de calidad.
- 3) Análisis particular e individualizado de las muestras de caña, tomadas manualmente procedentes de un mismo lote comercial (ruma), en cada Ingenio de la región.
- 4) Análisis de calidad comparativo de las muestras de una misma “ruma” tomadas manualmente y analizadas en Ingenios de dos regiones diferentes.
- 5) Análisis comparativo de calidad industrial de la misma materia prima, a partir de muestras tomadas manualmente y las procedentes de una carreta comercial.

Es importante indicar que las muestras de caña obtenidas manualmente de la “ruma” fueron enviadas a Ingenios de la misma región; o en su caso, a Ingenios que mantienen alguna vinculación comercial con la materia prima de la zona bajo estudio, como aconteció particularmente con los Ingenios La Argentina y El General, ubicados en Grecia y en la Zona Sur (Pérez Zeledón) del país, respectivamente.

Cumpliendo con este principio metodológico y conceptual, se procedió como sigue:

- 1) En **San Carlos**, la caña comercial (carreta) se entregó, muestreó y analizó industrialmente siguiendo los métodos habituales y oficiales recomendados y aplicados por LAICA, en el Ingenio Quebrada Azul. Las muestras manuales (8 por Ingenio) fueron por su parte analizadas en esa misma fábrica de azúcar, además de los Ingenios Santa Fe y Cutris.
- 2) En **Turrialba**, la caña comercial (carreta) se entregó, muestreó y analizó industrialmente en el Ingenio Juan Viñas. Las muestras manuales recolectadas (10 por Ingenio), fueron analizadas a su vez en esa misma fábrica y también en el Ingenio Atirro.
- 3) En **Pérez Zeledón**, la caña comercial (carreta) se entregó, muestreó y analizó industrialmente en el Ingenio El General, de acuerdo con lo que establece LAICA para el pago de la caña por su calidad. Las muestras manuales (10 por Ingenio) fueron analizadas en ese mismo Ingenio y, también en el Ingenio La Argentina, fábrica de azúcar ubicada en este caso en el Valle Central en la región de Grecia.

Las tres regiones evaluadas fueron estratégicamente seleccionadas en virtud de las grandes variaciones que en muchos elementos presentan, tal es el caso de: la topografía (plana – ondulada – quebrada), el clima, el tipo de suelo (Inceptisol – Ultisol – Andisol), la topografía (0-35% de pendiente), variedades comerciales sembradas, manejo agronómico de las plantaciones, condición fitosanitaria de las mismas, estructura de tenencia de la tierra (pequeño y mediano productor), condición y uso de tecnología (baja – media), grado de mecanización (bajo – medio), entre muchos otros.

Las regiones seleccionadas para efectuar el estudio, representan por antecedentes zonas productoras donde el problema de variabilidad industrial es alto y la incidencia de factores potenciales inductores de variación elevada, lo que potencialmente favorece la posible identificación de causas a las que pueda atribuirse esa variación.

Es importante indicar que el estudio fue realizado empleando la mayor discrecionalidad posible, con lo cual se evitó especulaciones o dudas de cualquier tipo respecto al resultado de los análisis químicos. Nadie excepto el técnico de DIECA implicado en el estudio, conocía previamente sobre el mismo, lo que le aportó mucha objetividad a los resultados obtenidos.

En el Cuadro 1 se anotan las principales particularidades relacionadas con cada región y materia prima evaluada, en lo que respecta a varios factores importantes estrechamente vinculados con el estudio y sus resultados.

Como se infiere de ese cuadro, el número de repeticiones empleado en el estudio (8 y 10) es suficiente para alcanzar un buen grado de estimación del error experimental y la Varianza, a través de los grados de Libertad del ANDEVA.

El análisis químico industrial de la materia prima estudiada, fue el mismo aplicado a las entregas comerciales de caña para efectuar el pago de la misma con base en su calidad industrial, tal como lo establecen la *Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar N° 7818* de setiembre de 1998 y sus reglamentos.

Para realizar la valoración comparativa de las muestras de caña obtenidas manualmente, se utilizó un Diseño Estadístico de Bloques Completos al Azar, en donde no se incluyó ni participó el resultado del análisis de la entrega (carreta) comercial. Se pretendía con ello, verificar en primera instancia si había diferencias entre las muestras (repeticiones) enviadas a un mismo ingenio; así como también, entre los ingenios de una misma región respecto a muestras procedentes de un mismo lote (ruma) de caña, en principio considerado como homogéneo.

En un análisis de resultados posterior se incluyó e integró a los datos del análisis manual, el resultado del análisis industrial de la caña de la entrega comercial (carreta), para lo cual se empleó un Diseño Estadístico Irrestricto al Azar.

En ambos casos cuando las diferencias estadísticas del ANDEVA fueron significativas en los niveles de probabilidad del 1% y el 5%, se aplicó una evaluación comparativa de medias mediante la prueba de Tuckey al 5%.

En una valoración de carácter técnico-económica final, se procedió a comparar los promedios de Rendimiento Industrial por ingenio, respecto al valor de la entrega (carreta) comercial en cada región evaluada, lo cual se midió en kilogramos de azúcar/t de caña y también en porcentaje.

A partir de esa información, se realizó una posterior estimación por proyección, de las implicaciones económicas generadas por los resultados; para lo cual se fijó (estimó) un precio de liquidación final al productor independiente de ¢82,40 por kilogramo de azúcar en régimen de cuota. Se aplicó para el cálculo una estimación de productividad agrícola de 75 toneladas de caña/ha.

## E. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los Cuadros y Figura que se adjuntan en el Anexo, exponen de manera específica y también resumida, los principales resultados de calidad industrial obtenidos por medio de los análisis químicos y la evaluación estadística de la materia prima evaluada en las tres regiones bajo estudio.

En el Cuadro 2 se muestran específicamente los valores puntuales correspondientes a los análisis químicos de calidad, realizados a las 8 muestras de caña en cada uno de los tres Ingenios de la región de San Carlos; en tanto que los Cuadros 3 y 4 presentan la misma información, pero esta vez perteneciente a las regiones de Turrialba y la Zona Sur, respectivamente.

Al analizar estadísticamente esa información de carácter industrial (Cuadro 5), se encontró que en el caso particular de la región de San Carlos, no hubo diferencias significativas y con carácter probabilístico para ninguna de las variables industriales evaluadas en los tres Ingenios. Tampoco hubo diferencias estadísticas particularmente entre las 8 repeticiones correspondientes a un mismo Ingenio.

Las muestras pertenecientes a la región de Turrialba – Juan Viñas (Cuadro 6), sí revelaron diferencias estadísticas significativas entre los dos Ingenios para el caso del Brix (5%) y la Pureza (1%) de los Jugos; no así para las otras variables industriales. No se detectó diferencias entre las 8 muestras de caña analizadas en un mismo Ingenio, lo que señala al igual que en el caso anterior una gran estabilidad y consistencia en el método analítico empleado por LAICA.

En el caso particular de los muestreos realizados a la materia prima de la Zona Sur del país, propiamente en los Ingenios El General y La Argentina de Grecia, sí se evidenciaron (Cuadro 7) diferencias importantes entre Ingenios; no así entre los análisis químicos de calidad realizados internamente a las muestras evaluadas en un mismo Ingenio.

El Pol (%) marcó una diferencia estadística del 5% y el Brix, la Fibra (%) Caña y el Rendimiento Industrial (kg de azúcar/t) al nivel probabilístico del 1%, lo que denota una variabilidad altamente significativa entre los dos Ingenios estudiados en lo que respecta a esas variables.

Es importante destacar y concluir de acuerdo con lo señalado, que en ninguna de las regiones productoras de caña evaluadas hubo diferencias estadísticas significativas (5%) en los análisis de calidad industrial realizados dentro de un mismo Ingenio; lo que sí ocurrió como se comentó, propiamente entre los Ingenios de la Zona Sur y Turrialba para algunas variables (Cuadros 6 y 7).

La comparación de los valores promedio de las muestras de caña analizadas en los Ingenios revela (Cuadro 2), que para el Rendimiento Industrial (kg de azúcar/t), en la región de San Carlos el valor más alto correspondió al Ingenio Santa Fe con 125,17 kg/t, seguido por Cutris con 124,22 kg/t y el Ingenio Quebrada Azul con 119,85 kg/t. Las diferencias a favor

del Ingenio Santa Fe respecto a los otros dos Ingenios de la zona fue de 0,95 kg/t (0,76%) y 5,32 kg/t (4,44%), respectivamente. Como se anotó (Cuadro 5), esas diferencias no alcanzaron sin embargo significancia estadística.

En la región de Turrialba, el Ingenio Atirro obtuvo un rendimiento de 117,68 kg/t y el Ingenio Juan Viñas de 116,68 kg/t (Cuadro 3) para una diferencia entre ambos de apenas 1,0 kg/t (0,86%), que reafirma nuevamente la gran estabilidad y consistencia presente en el sistema y el método de análisis químico utilizado para realizar el pago de la caña con base en su calidad.

La evaluación química industrial de la materia prima realizada en los Ingenios El General y La Argentina (Cuadro 4), sí mostró diferencias de mayor magnitud (Cuadro 7) con efecto estadístico (1%); al obtener rendimientos de 159,92 kg/t y 150,92 kg/t, respectivamente, para una diferencia entre ambos de 8,62 kg/t equivalente a un 5,71%.

En términos de variabilidad industrial (kg de azúcar/t), medida ésta por medio de la Desviación Estándar y el Coeficiente (%) de Variación, la información revela de acuerdo con los Cuadros 2, 3 y 4, que la misma puede resumirse como se anota en el Cuadro 8.

Tanto la Desviación Estándar (DE) como el Coeficiente (%) de Variación (CV), son ***Variables de Dispersión*** conocidas también como ***Medidas de Variabilidad Estadística***, que permiten analizar y calificar el comportamiento de una población respecto a un determinado factor como es en el presente caso el Rendimiento Industrial.

De acuerdo con esos indicadores, la Desviación caracteriza la dispersión que muestran los valores de Rendimiento Industrial respecto al valor promedio de las muestras analizadas.

Según la información del Cuadro 8, la DE fue mayor en el caso del Ingenio Juan Viñas al existir una variación de 9,16 kg respecto al valor promedio, seguida por la de los Ingenios Cutris (8,93 kg), Santa Fe (7,46 kg), Quebrada Azul (6,25 kg), La Argentina (5,57 kg), Atirro (3,19 kg) y El General, que fue el valor más bajo con apenas 1,90 kg. A nivel regional la mayor dispersión promedio se verificó en la zona de San Carlos con 7,57 kg, seguida por Turrialba con 6,09 kg y la Zona Sur 4,94 kg.

El CV valida lo señalado en el caso de la DE con relación al valor promedio de rendimiento industrial, y da una buena medida de la precisión de la medición. De acuerdo con los resultados obtenidos, se tiene que por ejemplo en el caso del Ingenio Juan Viñas el valor del CV fue del 7,85%, lo que puede interpretarse aseverando que la DE (9,16 kg) significó para ese ingenio un 7,85% del promedio aritmético (116,68 kg/t), lo cual puede calificarse en la práctica como bajo y por tanto comercialmente aceptable.

El Cuadro 9 presenta por su parte, el resultado de los análisis químicos de calidad realizados a la materia prima comercial ingresada en las carretas experimentales a las fábricas de azúcar mencionadas. Como se nota, el mayor Rendimiento Industrial fue logrado como era de esperar en la Región Sur, con un índice de concentración promedio de sacarosa de 145,36 kg/t, seguido por San Carlos con 109,33 kg/t y Turrialba con apenas

94,15 kg de azúcar/t de caña. Destacan la alta pureza (92,98%) de la materia prima de la Zona Sur y el alto contenido de fibra (16,31%) de Turrialba.

Las diferencias verificadas entre esos valores de rendimiento son explicables y atribuidas según la experiencia de muchos años, fundamentalmente a las diferencias tan marcadas existentes entre regiones agrícolas y condiciones productivas. Dicha variabilidad podría deberse a la influencia que en forma diferencial podrían inducir los siguientes factores y sus interacciones:

- ☞ Edad de la materia prima procesada
- ☞ Variedad de caña cultivada
- ☞ Condición de estrés interna del vegetal al momento de ser cosechado
- ☞ Época de muestreo durante la zafra
- ☞ Contenido de materia extraña
- ☞ Forma de cosecha de la caña (cruda – quemada – manual – mecánica)
- ☞ Período (horas) transcurrido entre la corta y el análisis químico
- ☞ Razones intrínsecas propias de la muestra y su obtención
- ☞ Elementos vinculados al muestreo de la entrega comercial (lugar, número y tamaño de las muestras, forma, momento, etc.)
- ☞ Grado de variabilidad (incertidumbre) del método (químico) analítico empleado
- ☞ Calibración y estado del equipo de medición, y calidad de los materiales analíticos utilizados en el proceso de análisis en el laboratorio.
- ☞ Condiciones analíticas vinculadas al entorno y a la(s) persona(s) que realizó(aron) el análisis químico en el laboratorio del Ingenio
- ☞ Motivos de carácter aleatorio no determinados ni cuantificados, pero que fueron influyentes

Una vez que se contó con los valores industriales promedio de las muestras obtenidas manualmente (Cuadros 2, 3 y 4), y el correspondiente a la materia prima de la carreta comercial (Cuadro 9), se procedió a conjuntar y evaluar de manera integral las diferencias que pudieran existir entre las mismas; lo que se muestra en los Cuadros 10, 11 y 12 del Anexo.

En la región de San Carlos (Cuadro 10), todas las variables industriales analizadas correspondientes a las muestras manuales y la caña comercial, mostraron diferencias estadísticas al nivel del 5%. En el caso de Turrialba aconteció lo mismo, aunque en este particular al 5% para el Brix y el Pol, y al 1% de probabilidad para la Pureza, la Fibra (%) Caña y el Rendimiento Industrial, respectivamente.

Los Ingenios El General y La Argentina marcaron a su vez diferencias del 5% para la Fibra (%) Caña y del 1% para los contenidos de Brix, el Pol y el Rendimiento Industrial.

Como se infiere a partir de los resultados del análisis integrado de las muestras (manuales + comercial), el Rendimiento Industrial mostró en todos los casos diferencias estadísticas significativas (5%) en la región de San Carlos y, altamente significativas (1%) en Turrialba y la Zona Sur (Cuadros 10, 11 y 12).

Es importante señalar que en el caso de Turrialba, el estudio se realizó al final de la zafra (junio), lo que pudo influenciar en algún grado la condición agroindustrial de la materia prima analizada, que procedía además de un sistema de manejo agronómico de carácter orgánico.

Con el resultado anterior se ratifica una vez más empleando criterios probabilísticos aceptados e incuestionables, la importante diferencia que existe entre los análisis químicos realizados a una muestra pequeña de 8 a 10 tallos obtenida manualmente y, el análisis de toda la entrega comercial (carreta). Este resultado sugiere profundizar aún más en el estudio de las variables que intervienen e inciden sobre la muestra empleada en el análisis de laboratorio.

Podría especularse con muy buenos argumentos técnicos en el presente caso, en el sentido de que la variación de los Rendimientos Industriales verificada se fundamenta y es inducida mayoritariamente por las características de la muestra de caña analizada, y no propiamente por el método analítico empleado en su valoración.

Las diferencias mencionadas anteriormente son expuestas comparativamente en el Cuadro 13 para cada región, ingenio, condición de muestreo y variable industrial analizada; anotando además, el resultado del análisis estadístico comparativo de medias mediante la prueba de Tuckey (5%).

La región de San Carlos mostró en este sentido diferencia estadística del muestreo comercial respecto al manual en todas las variables industriales evaluadas. Lo anterior fue también extensivo y aplicable para la región de Turrialba, con la salvedad de que la pureza del Ingenio Atirro marcó diferencia (fue mayor) respecto al Ingenio Juan Viñas y la caña comercial, los que fueron a su vez similares entre sí. Aquí se ratifica nuevamente la diferencia que existe al analizar una muestra manual pequeña, respecto a la totalidad de la entrega comercial.

En el caso de la Zona Sur se observó una situación diferente según la variable industrial analizada, mostrando el Ingenio La Argentina un mayor valor de Fibra, que fue estadísticamente diferente respecto a la caña comercial y al muestreo manual realizado en el Ingenio El General.

La Pureza de los Jugos fue estadísticamente indiferente entre Ingenios; en tanto que el valor de Brix, el Pol y el Rendimiento Industrial fueron diferentes respecto a la caña comercial, lo que evidencia nuevamente una alta variabilidad de contenidos en los jugos de la caña.

Una comparación de los valores de Fibra (%) Caña revela según el Cuadro 13, que en todas las regiones hubo diferencias estadísticas significativas para esta variable. Los valores promedio más altos de Fibra se dieron en su orden, en la caña comercial (carreta) procedente de Turrialba (16,31%), Quebrada Azul (14,86%), Santa Fe (14,35%), Cutris (14,18%), La Argentina (13,40%), la caña comercial (carreta) de San Carlos (12,62%) y la Zona Sur (12,60%), El General (12,54%), Atirro (12,36%) y Juan Viñas (12,05%). Exceptuando el valor tan alto de la caña comercial de Turrialba, el resto de contenidos de Fibra (%) Caña puede considerarse aceptable e inclusive bajo en algunos casos de acuerdo con la experiencia acumulada.

Hay que tener presente que las muestras se tomaron, trasladaron y analizaron procurando no modificar su estado original, para lo cual se mantuvo la materia extraña propia de cada muestra.

Como es bien sabido y está plenamente demostrado, el contenido de fibra en la caña es una variable determinada e influenciada por muchos factores, entre los cuales se tienen como más importantes: la variedad cultivada, la edad y el tipo de cosecha (verde-quemada), la forma de cosecha (mecánica – manual), las condiciones de clima (lluvia – humedad), el tipo de carga de la materia prima (manual – mecánica), etc.

La Figura 1 expone gráficamente el resultado promedio del Rendimiento Industrial valorado en cada región agrícola e Ingenio, respecto al muestreo aplicado a la entrega de caña comercial (carreta), resaltando las diferencias que hay entre todas ellas. La materia prima procedente de la Zona Sur fue contundentemente superior al de las otras regiones, como era esperable.

Procurando establecer diferencias porcentuales y estimaciones de carácter económico se elaboró el Cuadro 14, el cual relaciona los promedios industriales del muestreo manual respecto a la caña de la entrega comercial (carreta); también se calculó un valor promedio regional que operó como comparativo (general) para cada zona.

Se corrobora a partir de esos resultados, la importante diferencia verificada en el Rendimiento Industrial entre el muestreo realizado a la entrega comercial (carreta) de caña y el muestreo manual, el cual fue mayor en la región de Turrialba, donde en promedio se alcanzó una diferencia negativa entre ambos de -23,03 kg/t equivalente al -24,5% en perjuicio de la entrega comercial. La diferencia alcanzó su máximo en el Ingenio Atirro con -23,53 kg (-25,0%).

En la región de San Carlos las diferencias fueron en promedio de -13,75 kg/t equivalente al -12,6%, para un valor máximo de -15,84 kg/t (-14,5%) verificada en el Ingenio Santa Fe y mínimo de -10,52 kg (-9,6%) en Quebrada Azul.

La Zona Sur mostró por su parte la menor variabilidad, la cual fue en promedio de -9,87 kg/t (-6,8%), maximizándose en el caso del Ingenio El General con -14,18 kg/t (-9,8%).

El ámbito de diferencia en concentración para las tres regiones agrícolas estudiadas se ubicó entre -23,53 y -5,56 kg de azúcar/t de caña, lo que porcentualmente significó un -25,0 y -3,8, respectivamente; ámbito considerado bastante amplio (17,97 kg/t) y por tanto preocupante por la incertidumbre que puede generar entre los productores. Estos resultados justifican efectuar ajustes para poder interpretar el resultado de los análisis de muestras manuales y comerciales (carreta).

Se recomienda asimismo para futuros estudios, medir la variación de entregas comerciales enviando carretas de una misma materia prima a todos los ingenios y no sólo a uno, como ocurrió en el presente estudio.

La proyección económica de esas diferencias fundamentada en una estimación de liquidación al productor independiente para la Zafra 2001-2002 de ¢82,40/kg de azúcar en cuota, y una productividad agrícola promedio de 75 toneladas de caña/ha; revela que en promedio la variación encontrada significa para un agricultor un monto por tonelada de caña de ¢1.897,7, ¢1.133,0 y ¢813,3 para las regiones de Turrialba, San Carlos y la Zona Sur, respectivamente.

Al proyectar esos valores de toneladas a hectáreas, como lo indica el Cuadro 14, se tiene que la diferencia económica promedio asciende a ¢142.325,40; ¢84.975,00 y ¢60.996,60 para las mismas tres regiones productoras de caña citadas anteriormente, respectivamente.

Es definitivo que el tema analizado en el presente estudio requiere de mucha más investigación en varios aspectos que permitan estimar los valores, preferentemente ámbitos de variabilidad natural para cada ingenio y región. Partiendo de este principio, podrán entonces interpretarse y calificarse con mayor exactitud, con criterio técnico y con argumentos probabilísticos aceptados y válidos, los resultados de un análisis industrial perteneciente a entregas comerciales de materia prima. Hasta tanto esto no suceda, se tendrán simples especulaciones y meros criterios de valor no necesariamente verdaderos, objetivos, ni representativos.

## F. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, puede concluirse de acuerdo con las condiciones en que se desarrolló el estudio lo siguiente:

- 1) No hubo diferencias estadísticas significativas en ninguna de las regiones (3) e ingenios (7) evaluados, en lo correspondiente al análisis químico de calidad realizado a las muestras obtenidas manualmente y analizadas como repeticiones en cada uno de ellos; lo que demuestra una alta estabilidad interna de la materia prima y el método analítico empleado.
- 2) La evaluación de las muestras obtenidas por recolección manual, mostró diferencias estadísticas significativas entre Ingenios al nivel del 1% y el 5% para las regiones de Turrialba y la Zona Sur (Pérez Zeledón) del país. En el caso de los Ingenios Juan Viñas y Atirro, se marcaron diferencias en el Brix (5%) y la Pureza de los Jugos (1%). Los Ingenios El General y La Argentina mostraron por su parte una mayor variabilidad entre sí, al marcar diferencias con significancia estadística en el Brix, la Fibra (%) Caña y el Rendimiento Industrial al nivel del 1%, y en el caso del Pol al 5%.
- 3) En la región de San Carlos, los valores promedio (de 8 repeticiones) más altos de Rendimiento Industrial (kg de azúcar/t) obtenidos en las muestras manuales, correspondieron al Ingenio Santa Fe con 125,17 kg/t, seguido por Cutris (124,22 kg/t) y el Ingenio Quebrada Azul (119,85 kg/t), para una diferencia ubicada entre 0,95 y 5,32 kg. En Turrialba, el rendimiento de las muestras analizadas en Atirro fue de 117,68 kg/t y las de Juan Viñas de 116,68 kg para una diferencia de apenas 1,0 kg. Las muestras de la Zona Sur fueron más variables, pues el promedio de El General fue de 159,54 kg y las de La Argentina de 150,92 kg, para una diferencia entre ambos de 8,62 kg, correspondiente al 5,71%.
- 4) Las diferencias verificadas entre los análisis químicos de calidad industrial de una misma región son de acuerdo con los resultados obtenidos poco significativos; maximizándose éstas aparentemente al salir la materia prima de la misma, como se demostró en el caso de la Zona Sur.
- 5) Los valores promedio de las variables industriales, particularmente el Rendimiento Industrial, fue en todos los casos analizados inferior en la entrega (carreta) comercial respecto al muestreo manual; lo que alcanzó significancia estadística y con ello validez probabilística.
- 6) De acuerdo con los resultados obtenidos e inferencias establecidas en el estudio, es viable presumir que las diferencias verificadas son debidas y atribuibles mayoritariamente a las características de la muestra de caña y no al método analítico empleado, lo que viene a comprobar y aceptar la hipótesis de trabajo originalmente propuesta.

- 7) Por el origen y procedencia de la materia prima analizada, las diferencias debidas y atribuibles a razones de suelo, clima, manejo y cosecha no son en principio importantes para una misma región. Motivos asociados a la muestra y el muestreo sí podrían tener mayor relevancia, significancia e influencia sobre los resultados obtenidos.
- 8) En virtud de la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos entre regiones e Ingenios, no parece correcto ni prudente establecer paralelismos entre muestreos manuales realizados con pocas cañas, respecto a los efectuados con el “Core Samper” a las entregas comerciales de materia prima.
- 9) Al integrar para fines de análisis los valores de las muestras (manual y comercial), se evidenció diferencias estadísticas significativas del muestreo comercial respecto al manual en la mayoría de regiones y variables industriales analizadas, con algunas pocas excepciones.
- 10) En el caso del Rendimiento Industrial, sólo la Zona Sur mostró diferencia entre sí (al interior) para los dos Ingenios estudiados (El General y La Argentina) y la caña comercial; lo que evidencia una alta variabilidad intrínseca en el lugar para esas condiciones, variables y localidades de estudio.
- 11) La zona de Turrialba mostró como promedio regional la mayor diferencia entre los muestreos manuales respecto a la entrega comercial (carreta), la cual fue para el caso del Rendimiento Industrial de -23,03 kg/t de caña, lo que correspondió a un -24,5%. En San Carlos la diferencia de concentración fue de -13,75 kg/t equivalente al -12,6%. En la Zona Sur los muestreos manuales superaron a la caña comercial (carreta) en 9,87 kg/t (6,8%), maximizándose en el caso del Ingenio El General con 14,18 kg de azúcar/t (9,8%).
- 12) Las diferencias de rendimiento industrial verificadas entre los muestreos manuales de los Ingenios respecto al muestreo de la entrega comercial (carreta), se ubicó en promedio en un ámbito máximo de 23,53 y mínimo de 5,56 kg de azúcar/t en perjuicio del último tipo de muestreo, lo que representó variaciones equivalentes al 25,0 y 3,8%, respectivamente. Los promedios regionales para los mismos factores fueron de 23,03 y 9,87 kg/t, correspondientes al 24,5 y 6,8%, respectivamente.
- 13) Con fundamento en la conclusión anterior, resulta necesario si se desea hacer interpretaciones objetivas en esa condición, aplicar ajustes a los valores que surjan de los análisis de muestreos manuales, y que procuren interpretar la calidad de las entregas comerciales. Dicho ajuste debe estar en un ámbito del 10 al 20%, de acuerdo con los resultados del presente estudio.
- 14) La Desviación (Estándar) de los valores de Rendimiento Industrial respecto al valor promedio, fue mayor en el caso del Ingenio Juan Viñas con 9,16 kg, seguida por Cutris (8,93 kg), Santa Fe (7,46 kg), Quebrada Azul (6,25 kg), La Argentina (5,57 kg), Atirro (3,19 kg) y El General (1,90 kg).

- 15) Los Coeficientes (%) de Variación determinados en los análisis químicos de calidad industrial realizados a las muestras fueron en general bastante bajos, lo que denota estabilidad en los resultados, independientemente de la significancia estadística que algunas variables mostraron.
- 16) Las variaciones en Rendimiento Industrial anteriores fueron al estimarlas y traducirlas en promedio regional por tonelada de caña, de ¢1.897,7, ¢1.133,00 y ¢813,3 para Turrialba, San Carlos y la Zona Sur, respectivamente. Al proyectar esos valores económicos a una plantación de una hectárea de terreno con una productividad promedio de 75 toneladas de caña/ha, se alcanzan pérdidas (teóricas) por ¢142.325,40, ¢84.975,00 y ¢60.996,60/hectárea para las mismas regiones citadas anteriormente.
- 17) El método analítico empleado por la agroindustria azucarera costarricense para efectuar el pago de la materia prima (caña) con base en su calidad industrial, resulta ser de acuerdo con los resultados obtenidos consistente, representativo y estable.
- 18) Debe quedar claro que los resultados obtenidos e inferencias establecidas en el presente estudio, son parciales y específicas para las condiciones y momento en que se desarrolló el mismo, por lo que cualquier proyección o estimación fuera de ese contexto es especulativa e inválida.

## **G. RECOMENDACIONES**

Resulta de gran valor atender las siguientes recomendaciones sobre el tema analizado, las cuales surgen y se fundamentan en la experiencia adquirida durante el presente estudio:

- 1) Es importante realizar evaluaciones de campo y laboratorio dotadas de “rigor científico”, que permitan determinar empleando criterios estadísticos y probabilísticos aceptados, el grado de variabilidad que pudiera existir entre los análisis químicos de calidad obtenidos en un mismo Ingenio, entre Ingenios de la misma región y también entre regiones. Dicha valoración permitiría establecer Índices e Intervalos de Variación (Confianza) probabilísticamente medidos y apropiados, que podrían explicar con mayor eficiencia y certeza, diferencias propias del muestreo, la muestra utilizada, el método analítico empleado, la época de zafra implicada, el Ingenio y la región productora.
- 2) Pareciera muy prudente y necesario por tanto, orientar estudios que permitan correlacionar y establecer Índices de Variabilidad Industrial, entre el análisis de muestras obtenidas por diversos métodos y las entregas comerciales de materia prima.

- 3) Siendo la entrega comercial (carreta) el factor (modalidad) donde mayor variabilidad industrial se alcanzó, es recomendable realizar evaluaciones de materia extraña, tipo de carga, forma y lugar de muestreo en la carreta y número de muestreos en una misma carreta, que aporten más información respecto a los factores inductores vinculados en algún grado con esa variabilidad.
- 4) Es necesario estudiar con mayor especificidad la variabilidad inducida por la muestra que se evalúe y analice en el laboratorio, procurando con ello identificar la mayor representatividad posible y viable.
- 5) Se recomienda repetir el presente estudio en todo el país, pero utilizando más repeticiones de entregas comerciales; con el objeto de cuantificar y calificar mejor el grado de error presente en el proceso de muestreo y análisis químico industrial.
- 6) El grado de variabilidad determinado por el estudio para algunas localidades e Ingenios, justifica plenamente la realización de otros estudios técnicos en la misma orientación.
- 7) Pareciera importante que la investigación científicamente bien conducida y orientada, aplicando criterios de evaluación, análisis e interpretación representativos, sea utilizada en el área industrial del azúcar, puesto que hay aspectos como los evaluados en el presente estudio que realmente lo merecen, requieren y justifican.

**CUADRO 1**  
**CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTUDIO DE ANALISIS DE MUESTRAS Y**  
**CAÑA PROCEDENTE DE ENTREGAS COMERCIALES**

FACTOR	REGION (CANTÓN)		
	SAN CARLOS	TURRIALBA	PEREZ ZELEDON
Procedencia de Caña Comercial	Sr. Misael Rodríguez	Hacienda Juan Viñas	Cámara de Productores Caña
Distrito	Cutris	Juan Viñas	San Isidro de El General
Altitud (msnm)	65	1.200	720
Variedad Analizada	Saboriana	H 65-5072	Q 96
Edad de la Caña al Corte	11 meses	21 meses	12 meses
Fecha Molienda Caña de Carreta	30/04/2002	06/06/2002	01/05/2002
Fecha Análisis de Muestras	30/04/2002	06/06/2002	01-02/05/02 *
Condición de Cosecha	Verde Sin Quemar	Verde Caña Orgánica	Quemada
Lugar de Toma de la Muestra Manual	Ruma en Frente de Corta	Ruma en Frente de Corta	Ruma en Frente de Corta
Número de Repeticiones de Muestra Manual	8	10	10
Número de Cañas por Repetición	6	8	8
Ingenios que Analizaron Muestras	Santa Fe Quebra Azul ** Cutris	Juan Viñas ** Atirro	El General * La Argentina
Tipo de Carga Carreta Comercial	Manual	Cargadora Mecánica	Manual
Método de Muestreo Caña Comercial	Core Samper Transversal	Muestreador Horizontal	Muestreador Horizontal

\* En el caso del análisis del Ingenio La Argentina, el mismo se realizó un día después de la cosecha por razones de transporte al Valle Central.

\*\* Corresponde al Ingenio donde se analizó la caña (carreta) comercial.

**CUADRO 2**

**VARIABLES INDUSTRIALES CORRESPONDIENTES A LAS MUESTRAS DE  
CAÑA ANALIZADAS EN LOS INGENIOS DE LA REGIÓN DE SAN CARLOS**

<b>INGENIO</b>	<b>BRIX (%)</b>	<b>POL (%)</b>	<b>PUREZA (%)</b>	<b>TORTA RESIDUAL (g)</b>	<b>FIBRA (%) CAÑA</b>	<b>RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg azúcar/t)</b>
<b>SANTA FE</b>	21,80	19,55	89,67	143,60	14,83	127,62
	21,45	19,52	91,00	140,40	15,50	129,44
	21,90	19,46	88,85	153,00	15,80	123,15
	22,75	20,23	88,92	138,60	14,32	133,38
	21,56	19,06	88,44	139,30	14,39	125,10
	21,30	19,18	90,04	121,50	12,55	133,22
	19,80	16,87	85,20	127,20	13,14	112,36
	20,55	17,85	86,86	136,30	14,08	117,10
<b>Promedio</b>	<b>21,39</b>	<b>18,97</b>	<b>88,62</b>	<b>137,49</b>	<b>14,33</b>	<b>125,17</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,891</b>	<b>1,081</b>	<b>1,842</b>	<b>9,665</b>	<b>1,097</b>	<b>7,462</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>4,17</b>	<b>5,70</b>	<b>2,08</b>	<b>7,03</b>	<b>7,66</b>	<b>5,96</b>
<b>QUEBRADA AZUL</b>	20,95	18,52	88,38	143,20	14,79	120,21
	21,20	18,59	87,68	145,90	15,07	119,29
	21,50	19,68	91,46	146,40	15,12	128,47
	21,40	19,31	90,23	143,70	14,84	126,38
	20,80	18,39	88,39	152,80	15,78	116,16
	20,15	17,37	86,20	136,40	14,09	113,50
	22,05	19,53	88,57	151,00	15,60	124,11
	19,90	16,85	84,65	131,20	13,55	110,67
<b>Promedio</b>	<b>20,99</b>	<b>18,53</b>	<b>88,20</b>	<b>143,83</b>	<b>14,86</b>	<b>119,85</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,664</b>	<b>1,009</b>	<b>2,132</b>	<b>7,150</b>	<b>0,739</b>	<b>6,254</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>3,16</b>	<b>5,45</b>	<b>2,42</b>	<b>4,97</b>	<b>4,97</b>	<b>5,22</b>
<b>CUTRIS</b>	20,15	17,06	84,67	137,60	14,21	110,11
	21,80	20,06	92,01	135,20	13,97	135,63
	21,70	19,50	89,88	143,30	14,80	127,52
	21,50	19,11	88,92	134,20	13,86	127,50
	21,20	19,02	89,72	122,40	12,64	131,57
	21,50	17,80	82,80	143,00	14,77	111,86
	21,45	18,87	87,95	134,20	13,86	125,28
	21,80	19,38	88,91	148,50	15,34	124,26
<b>Promedio</b>	<b>21,39</b>	<b>18,85</b>	<b>88,11</b>	<b>137,30</b>	<b>14,18</b>	<b>124,22</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,539</b>	<b>0,969</b>	<b>2,983</b>	<b>7,925</b>	<b>0,819</b>	<b>8,935</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>2,52</b>	<b>5,14</b>	<b>3,39</b>	<b>5,77</b>	<b>5,78</b>	<b>7,19</b>
<b>Promedio General</b>	<b>21,26</b>	<b>18,78</b>	<b>88,31</b>	<b>139,54</b>	<b>14,45</b>	<b>123,08</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,748</b>	<b>0,975</b>	<b>2,234</b>	<b>8,930</b>	<b>0,925</b>	<b>7,569</b>
<b>C.V (%)</b>	<b>3,52</b>	<b>5,19</b>	<b>2,53</b>	<b>6,40</b>	<b>6,40</b>	<b>6,15</b>

\* Todas las 24 muestras de caña se recolectaron en una carreta con materia prima perteneciente al agricultor Misael Rodríguez el día 30/04/02

**CUADRO 3**  
**VARIABLES INDUSTRIALES CORRESPONDIENTES A LAS MUESTRAS DE CAÑA**  
**ANALIZADAS EN LOS INGENIOS JUAN VIÑAS (JIMÉNEZ) Y ATIRRO (TURRIALBA)**

<b>INGENIO</b>	<b>BRIX (%)</b>	<b>POL (%)</b>	<b>PUREZA (%)</b>	<b>FIBRA (%) CAÑA</b>	<b>RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg azúcar/t)</b>
<b>JUAN VIÑAS</b>	17,00	14,70	86,47	12,66	98,79
	19,70	17,70	89,85	11,75	124,11
	20,60	18,35	89,08	12,68	125,03
	18,60	15,75	84,68	11,83	107,07
	19,40	17,08	88,04	11,77	118,56
	18,60	15,59	83,82	10,10	110,20
	20,00	17,48	87,40	12,02	117,58
	19,40	17,49	90,15	11,89	122,38
	19,60	17,37	88,62	13,73	114,75
	20,40	18,40	90,20	12,03	128,30
<b>Promedio</b>	<b>19,33</b>	<b>16,99</b>	<b>87,83</b>	<b>12,05</b>	<b>116,68</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>1,050</b>	<b>1,231</b>	<b>2,245</b>	<b>0,921</b>	<b>9,158</b>
<b>C.V(%)</b>	<b>5,43</b>	<b>7,24</b>	<b>2,56</b>	<b>7,64</b>	<b>7,85</b>
<b>ATIRRO</b>	18,80	17,11	91,01	13,30	115,80
	18,20	16,49	90,60	12,00	115,32
	19,50	17,92	91,90	12,10	125,80
	18,90	16,99	89,89	12,50	116,82
	18,80	17,08	90,85	12,00	119,59
	18,60	16,91	90,91	12,20	117,82
	18,70	16,95	90,64	13,10	115,12
	18,40	16,67	90,60	12,30	115,65
	18,50	16,64	89,95	11,80	116,59
	18,80	17,04	90,63	12,30	118,24
<b>Promedio</b>	<b>18,72</b>	<b>16,98</b>	<b>90,70</b>	<b>12,36</b>	<b>117,68</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,349</b>	<b>0,390</b>	<b>0,563</b>	<b>0,486</b>	<b>3,191</b>
<b>C.V(%)</b>	<b>1,86</b>	<b>2,30</b>	<b>0,62</b>	<b>3,93</b>	<b>2,71</b>
<b>Promedio General</b>	<b>19,02</b>	<b>16,99</b>	<b>89,26</b>	<b>12,20</b>	<b>117,18</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,7418</b>	<b>0,885</b>	<b>1,651</b>	<b>0,741</b>	<b>6,093</b>
<b>C.V(%)</b>	<b>3,90</b>	<b>5,21</b>	<b>1,85</b>	<b>6,07</b>	<b>5,20</b>

\* Todas las 20 muestras de caña se recolectaron a partir de materia prima comercial perteneciente a la Hacienda Juan Viñas, el día 06/06/02. Las muestras de Atirro se trasladaron y analizaron el mismo día.

**CUADRO 4**  
**VARIABLES INDUSTRIALES CORRESPONDIENTES A LAS MUESTRAS DE CAÑA**  
**ANALIZADAS EN LOS INGENIOS EL GENERAL (PÉREZ ZELEDÓN)**  
**Y LA ARGENTINA (GRECIA)**

<b>INGENIO</b>	<b>BRIX (%)</b>	<b>POL (%)</b>	<b>PUREZA (%)</b>	<b>FIBRA (%) CAÑA</b>	<b>RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg azúcar/t)</b>
<b>EL GENERAL</b>	23,70	21,90	92,41	12,40	159,27
	23,75	21,79	91,75	12,70	156,70
	23,80	21,67	91,05	12,40	158,55
	24,50	22,44	91,59	12,30	162,96
	23,45	21,48	91,64	11,90	157,78
	24,35	22,00	90,35	12,40	158,37
	24,75	22,74	91,88	13,10	161,69
	24,75	22,47	90,79	12,80	160,39
	23,90	22,01	92,09	12,60	158,98
	24,10	22,32	92,61	12,80	160,76
<b>Promedio</b>	24,11	22,08	91,62	12,54	159,54
<b>Desviación Estándar</b>	0,460	0,399	0,710	0,334	1,898
<b>C.V (%)</b>	1,91	1,81	0,77	2,66	1,19
<b>LA ARGENTINA</b>	22,30	20,44	91,67	13,84	142,46
	22,90	21,11	92,18	12,39	153,38
	24,30	22,22	91,45	14,55	151,67
	23,20	21,01	90,58	14,54	142,78
	23,85	21,93	91,93	13,43	154,74
	23,25	21,86	94,02	12,99	157,70
	22,40	20,39	91,01	12,87	145,39
	23,70	21,86	92,22	12,80	157,12
	23,15	21,39	92,41	12,99	153,15
	23,70	21,56	90,97	13,59	150,77
<b>Promedio</b>	23,27	21,38	91,84	13,40	150,92
<b>Desviación Estándar</b>	0,634	0,630	0,975	0,734	5,568
<b>C.V (%)</b>	2,72	2,95	1,06	5,48	3,69
<b>Promedio General</b>	23,69	21,73	91,73	12,97	155,23
<b>Desviación Estándar</b>	0,599	0,604	1,073	0,652	4,936
<b>C.V (%)</b>	2,53	2,78	1,17	5,03	3,18

\* Todas las 20 muestras de caña se recolectaron a partir de materia prima comercial procedente de la finca de la Cámara de Productores de Caña del Sur, el día 01/05/02. Las muestras de La Argentina se analizaron el 02 de mayo en ese ingenio.

**CUADRO 5**  
**RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MUESTRAS DE CAÑA EVALUADAS**  
**EN LOS TRES INGENIOS DE LA REGIÓN DE SAN CARLOS**

FUENTE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS					
		BRIX	POL	PUREZA	TORTA RESIDUAL	FIBRA CAÑA	RENDIMIENTO INDUSTRIAL
REPETICIONES	7	0,466	1.218	6.836	47.748	0,513	60.004
INGENIOS	2	0,414	0,413	0,617	110.375	1.182	64.719
ERROR	14	0,561	0,950	5.000	79.795	0,851	57.306
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>11.938</b>	<b>22.654</b>	<b>119.078</b>	<b>1.672,125</b>	<b>17.874</b>	<b>1.351.750</b>

No se incluyen en el presente análisis los valores de la entrega (carreta) comercial.

\* Estadísticamente significativo al nivel del 1%

\*\* Estadísticamente significativo al nivel del 5%

**CUADRO 6**  
**RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MUESTRAS DE CAÑA**  
**EVALUADAS EN LOS INGENIOS JUAN VIÑAS (JIMENEZ) Y ATIRRO (TURRIALBA)**

FUENTE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		BRIX	POL	PUREZA	FIBRA CAÑA	RENDIMIENTO INDUSTRIAL
REPETICIONES	9	0,675	0,896	3.083	0,536	56.983
INGENIOS	1	1,861 **	0,001	42,544 *	0,493	4.962
ERROR	9	0,549	0,782	2.740	0,548	37.077
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>12.878</b>	<b>15.100</b>	<b>94.953</b>	<b>10.255</b>	<b>851.500</b>

No se incluyen en el presente análisis los valores de la entrega (carreta) comercial.

\* Estadísticamente significativo al nivel del 1%

\*\* Estadísticamente significativo al nivel del 5%

**CUADRO 7**  
**RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MUESTRAS DE CAÑA EVALUADAS**  
**EN LOS INGENIOS COOPEAGRI EL GENERAL (PÉREZ ZELEDÓN)**  
**Y LA ARGENTINA (GRECIA)**

FUENTE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		BRIX	POL	PUREZA	FIBRA CAÑA	RENDIMIENTO INDUSTRIAL
REPETICIONES	9	0,255	0,176	0,321	0,218	10.837
INGENIOS	1	3,442 *	2,634 **	0,281	3,863 *	354,375 *
ERROR	9	0,359	0,365	1.142	0,424	24.399
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>8.968</b>	<b>7.499</b>	<b>13.453</b>	<b>9.649</b>	<b>671.500</b>

No se incluyen en el presente análisis los valores de la entrega (carreta) comercial.

\* Estadísticamente significativo al nivel del 1%

\*\* Estadísticamente significativo al nivel del 5%

**CUADRO 8**  
**GRADO DE VARIABILIDAD DEL RENDIMIENTO INDUSTRIAL DE LAS**  
**MUESTRAS (MANUALES) ANALIZADAS EN LOS 7 INGENIOS NACIONALES**

<i>REGIÓN</i>	<i>INGENIO</i>	<i>DESVIACIÓN ESTÁNDAR</i>	<i>COEFICIENTE (%) VARIACIÓN</i>
<b>SAN CARLOS</b>	Cutris	8,93	7,19
	Santa Fe	7,46	5,96
	Quebrada Azul	6,25	5,22
	<b>REGIÓN</b>	<b>7,57</b>	<b>6,15</b>
<b>TURRIALBA</b>	Juan Viñas	9,16	7,85
	Atirro	3,19	2,71
	<b>REGIÓN</b>	<b>6,09</b>	<b>5,20</b>
<b>PÉREZ ZELEDÓN</b>	La Argentina	5,57	3,69
	El General	1,90	1,19
	<b>REGIÓN</b>	<b>4,94</b>	<b>3,18</b>

**CUADRO 9**  
**ANÁLISIS INDUSTRIAL DE LAS CARRETAS CON CAÑA COMERCIAL ENTREGADAS A**  
**LOS INGENIOS NACIONALES**

<b>REGIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>				<b>RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg azúcar/t) <sup>d</sup></b>
	<b>BRIX</b>	<b>POL</b>	<b>PUREZA</b>	<b>FIBRA CAÑA</b>	
<b>PÉREZ <sup>a</sup> ZELEDÓN</b>	21,50	19,99	92,98	12,60	145,36
<b>SAN CARLOS <sup>b</sup></b>	19,40	16,31	84,07	12,62	109,33
<b>TURRIALBA <sup>c</sup></b>	18,00	15,54	86,33	16,31	94,15

\* Cada carreta contaba con una capacidad de 4 a 6 toneladas de caña comercial.

**a** Analizada en el Ingenio El General

**b** Analizada en el Ingenio Quebrada Azul

**c** Analizada en el Ingenio Juan Viñas

**d** Referida a 96° Pol de adelanto en todos los casos

**CUADRO 10**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO INTEGRAL, DE LAS MUESTRAS Y**  
**LA ENTREGA COMERCIAL DE CAÑA A LOS TRES INGENIOS DE SAN CARLOS**

FUENTE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		BRIX	POL	PUREZA	FIBRA CAÑA	RENDIMIENTO INDUSTRIAL
MUESTRAS	2	7,17 **	12,49 **	36,33 **	7,40 **	421,00 **
ERROR	27	0,40	0,78	4,21	0,60	43,66
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>32,63</b>	<b>59,34</b>	<b>226,86</b>	<b>39,15</b>	<b>2.485,35</b>

Se incluyeron las muestras manuales y también la comercial en el análisis.

\* Estadísticamente significativo al nivel del 1%

\*\* Estadísticamente significativo al nivel del 5%

**CUADRO 11**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO INTEGRAL, DE LAS MUESTRAS**  
**Y LA ENTREGA COMERCIAL DE CAÑA A LOS INGENIOS JUAN VIÑAS Y ATIRRO**

FUENTE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		BRIX	POL	PUREZA	FIBRA CAÑA	RENDIMIENTO INDUSTRIAL
MUESTRAS	2	4,43 **	7,11 **	49,25 *	56,47 *	1.769,81 *
ERROR	27	0,41	0,55	1,78	0,36	31,35
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>19,66</b>	<b>29,22</b>	<b>146,70</b>	<b>122,70</b>	<b>4.386,15</b>

Se incluyeron las muestras manuales y también la comercial en el análisis.

\* Estadísticamente significativo al nivel del 1%

\*\* Estadísticamente significativo al nivel del 5%

**CUADRO 12**  
**RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO INTEGRAL, DE LAS MUESTRAS Y**  
**LA ENTREGA COMERCIAL DE CAÑA A LOS INGENIOS EL GENERAL Y LA ARGENTINA**

FUENTE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		BRIX	POL	PUREZA	FIBRA CAÑA	RENDIMIENTO INDUSTRIAL
MUESTRAS	2	17,709 *	11,329 *	0,373	2,299 **	514,865 *
ERROR	27	0,205	0,185	0,485	0,217	11,535
<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>40,942</b>	<b>27,663</b>	<b>13,843</b>	<b>10,454</b>	<b>1.341,180</b>

Se incluyeron las muestras manuales y también la comercial en el análisis.

\* Estadísticamente significativo al nivel del 1%

\*\* Estadísticamente significativo al nivel del 5%

**CUADRO 13**  
**COMPARATIVO DE VALORES PROMEDIO DE LAS MUESTRAS DE CAÑA ANALIZADAS EN**  
**LOS 7 INGENIOS NACIONALES Y LA CORRESPONDIENTE A LA ENTREGA COMERCIAL**

REGIÓN	INGENIO	PORCENTAJE				RENDIMIENTO INDUSTRIAL (kg azúcar/t)
		BRIX	POL	PUREZA	FIBRA	
SAN CARLOS	Santa Fe	21,39 a	18,97 a	88,62 a	14,35 ab	125,17 a
	Cutris	21,39 ab	18,85 ab	88,11 ab	14,18 ab	124,22 ab
	Quebrada Azul	20,99 ab	18,53 ab	88,20 ab	14,86 a	119,85 ab
	Comercial <sup>1</sup>	19,40 b	16,31 b	84,07 b	12,62 b	109,33 b
	<b>PROMEDIO</b>	<b>20,79</b>	<b>18,17</b>	<b>87,25</b>	<b>14,00</b>	<b>119,64</b>
	<b>CV (%)</b>	<b>3,03</b>	<b>4,87</b>	<b>2,35</b>	<b>5,56</b>	<b>5,52</b>
TURRIALBA	Atirro	18,72 a	16,98 a	90,70 a	12,36 b	117,68 a
	Juan Viñas	19,33 ab	16,99 a	87,83 b	12,05 b	116,68 a
	Comercial <sup>2</sup>	18,00 b	15,54 b	86,33 b	16,31 a	94,15 b
	<b>PROMEDIO</b>	<b>18,68</b>	<b>16,50</b>	<b>88,29</b>	<b>13,57</b>	<b>109,50</b>
	<b>CV (%)</b>	<b>3,42</b>	<b>4,51</b>	<b>1,51</b>	<b>4,43</b>	<b>5,11</b>
PÉREZ ZELEDÓN	El General	24,11 a	22,08 a	91,62 a	12,54 b	159,54 a
	La Argentina	23,27 b	21,38 b	91,84 a	13,40 a	150,92 b
	Comercial <sup>3</sup>	21,50 c	19,99 c	92,98 a	12,60 b	145,36 c
	<b>PROMEDIO</b>	<b>22,96</b>	<b>21,15</b>	<b>92,15</b>	<b>12,85</b>	<b>151,94</b>
	<b>CV (%)</b>	<b>1,97</b>	<b>2,04</b>	<b>0,76</b>	<b>3,62</b>	<b>2,24</b>

**1** Analizada en el Ingenio Quebrada Azul

**2** Analizada en el Ingenio Juan Viñas

**3** Analizada en el Ingenio El General

**Tratamientos seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí, según Prueba de Tuckey al 5%, para cada región evaluada.**

**CUADRO 14**  
**VALORACION TECNICA Y ECONOMICA DE LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS**  
**RENDIMIENTOS INDUSTRIALES DE LAS ENTREGAS COMERCIALES**  
**Y EL PROMEDIO DE LAS MUESTRAS MANUALES**

REGION	ENTREGA COMERCIAL (kg/t)	DIFERENCIA *		INGENIO	PROYECCION ECONOMICA	
		kg/t	%		¢/t **	¢/ ha ***
San Carlos	109,33	-15,84	-14,5	Santa Fe	1.305,22	97.891,20
		-14,89	-13,6	Cutris	1.226,94	92.020,20
		-10,52	-9,6	Quebrada Azul	866,85	65.013,60
		-13,75	-12,6	Promedio Región	1.133,00	84.975,00
Turrialba	94,15	-23,53	-25,0	Atirro	1.938,87	145.415,40
		-22,53	-23,0	Juan Viñas	1.856,47	139.235,40
		-23,03	-24,5	Promedio Región	1.897,67	142.325,40
Pérez Zeledón	145,36	-14,18	-9,8	El General	1.168,43	87.632,40
		-5,56	-3,8	La Argentina	458,14	34.360,80
		-9,87	-6,8	Promedio Región	813,29	60.996,60

\* La diferencia se refiere a la entrega de caña comercial respecto al promedio de los muestreos manuales, esto dado en kg de azúcar/t y en porcentaje.

\*\* Se estableció un precio final de liquidación al productor independiente (62,5%) de ¢82,40/ kilogramo de azúcar. No se consideró el pago por melaza.

\*\*\* Se estimó para el cálculo una productividad agrícola promedio de 75 toneladas de caña por hectárea.

1 us\$ = ¢362,82

