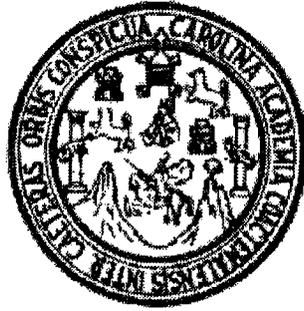


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CAÑA DE AZÚCAR

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO PENAGOS DARDÓN
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO

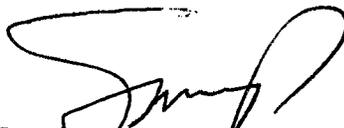
GUATEMALA, OCTUBRE DE 1999

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CAÑA DE AZÚCAR,

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 4 de marzo de 1999.



Sergio Penagos Dardón.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing.	Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1°.	Ing.	José Francisco Gómez Rivera
VOCAL 2°.	Ing.	Carlos Humberto Pérez Rodríguez
VOCAL 3°.	Ing.	Jorge Benjamín Gutiérrez Quintana
VOCAL 4°.	Br.	Oscar Stuardo Chinchilla Guzmán
VOCAL 5°.	Br.	Mauricio Alberto Grajeda Mariscal
SECRETARIA	Inga.	Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing.	Raúl Molina Mejía
EXAMINADOR	Ing.	Carlos Enrique Rivera Fuentes
EXAMINADOR	Ing.	Julio Francisco Chávez Montúfar
EXAMINADOR	Ing.	Guillermo Duarte Monroy
SECRETARIO	Ing.	Carlos Enrique Cabrera García

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso: porque creo y confío en Él.

A mi esposa **Elva**: por su amor, generosidad y permanente apoyo.

A **mis hijos**: Sergio Alejandro, Carmen Ruth e Isabel, por no desesperarse y confiar en mí

A mis **AMIGOS**: por su afecto y amistad sincera. Demostradas con su tolerancia y comprensión al aceptarme como soy sin cuestionar las motivaciones. No consigno nombres; cada uno de ellos tiene plena conciencia de estar aquí, en este selecto grupo.

A mis asesores técnicos, en forma muy especial, por compartir tan generosamente sus experiencias y conocimientos, ingenieros: Raúl Antonio Espina, Rogelio Gómez Barrios y Leonel Enrique Borja.

Al revisor asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química: ingeniero Estuardo Monroy Benítez, por su inapreciable colaboración.

A la revisora de lingüística licenciada Raquel Montenegro por su acertada dirección.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, con profundo amor, a mis nietos:

Alejandra María, Sergio y todos los que vengan después.

*Con la certeza que, llegado el momento, sabrán asumir,
responsablemente, el rol que les corresponda desempeñar en la
construcción de una sociedad más justa, solidaria y democrática.*

Ing. Estuardo Monroy – Servicios Profesionales de Asesoría -

04 de Junio de 1999

Ingeniero Otto Raúl de León de Paz
Director de la Escuela de Ingeniería Química
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad Universitaria, Guatemala.

Estimado Ingeniero:

Es un gusto dirigirme a usted de nuevo, para informarle que he revisado el Trabajo de Tesis de Graduación titulado: **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CAÑA DE AZUCAR**, del estudiante **Sergio Penagos Dardón**, carnet No. 23336.

A mi consideración, quiero comentarle que es un excelente trabajo de tesis, completamente actualizado al momento difícil que vive la industria azucarera nacional y que puede ser de mucha utilidad para ayudarla a salir adelante; contribuyendo especialmente en los aspectos de optimización, eficiencia y búsqueda de bajos costos para competir en el mercado mundial.

Por lo tanto, luego de haber revisado ampliamente la tesis del estudiante Penagos Dardón, doy mi total aprobación como revisor nombrado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Química, tal como lo exigen los procedimientos y reglamentos internos.



Atentamente,
Ing. Estuardo Monroy
Ingeniero Químico
Colegiado 446

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Química, Ing. Otto Raúl de León de Paz, después de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Jefe de Departamento, al trabajo de Tesis del estudiante **Sergio Penagos Dardón**, titulado: **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CAÑA DE AZUCAR**, propone a la la autorización del mismo.

Ing. Otto Raúl de León de Paz
DIRECTOR ESCUELA INGENIERIA QUIMICA

Guatemala, octubre de 1,999.

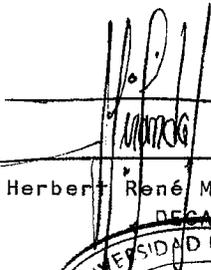
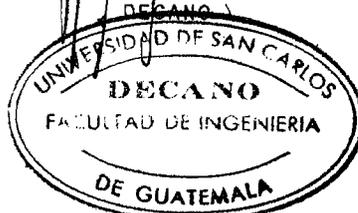
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de Tesis titulado: **ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CAÑA DE AZUCAR**, del estudiante **Sergio Penagos Dardón**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRIMASE:


Ing. Herbert René Miranda Barrios
DECANO


Guatemala, octubre de 1,999.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	IV
GLOSARIO	V
RESUMEN	IX
INTRODUCCIÓN	X
1 LA CALIDAD	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición de la calidad	3
1.3 La función de la calidad	5
1.4 Administración de la calidad	8
1.5 La Cultura de la calidad	10
1.6 Sistemas de calidad	16
1.6.1 ISO 9000-1:1994	17
1.7 División de Aseguramiento de la Calidad	18
1.7.1 Marco teórico	19
1.7.2 Objetivo	23
1.7.3 Justificación	23
1.7.6 Misión	25
1.7.5 Organización	25
1.7.6 Funciones y atribuciones	26
1.7.7 Infraestructura y recursos	27
2 LA CAÑA DE AZÚCAR	28
2.1 Morfología y desarrollo	31
2.2 El Proceso de maduración de la caña de azúcar	36
2.4 Maduración inducida en la caña de azúcar	39
2.4 Efecto de la floración sobre el rendimiento	45
3 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA CAÑA	48
3.1 Antecedentes	48
3.2 Programación de cosecha	53
3.3 Muestreo de pre-cosechas	55
3.3.1 Objetivo	56
3.3.2 Preparación del muestreo	56
3.3.3 Toma de la muestra	60
3.4 Metodología de análisis en el campo	61

3.5	Metodología de análisis en el laboratorio	63
3.6	Indices de maduración	64
3.6.1	Basados en el brix	65
3.6.2	Basados en la relación A.R./sacarosa	65
3.6.3	Basados en la sección 8-10 del tallo de la caña	69
3.6.4	Basados en la relación sacarosa/fibra	72
3.6.5	Basados en el rendimiento probable	72
3.7	Criterios para el manejo de los datos	73
3.8	Datos para la elaboración de reportes	74
4	ANTES DEL PROCESO	76
4.1	Recepción de la caña	77
4.2	Muestreo y control de la caña recibida	77
4.2.1	Homogeneidad de la muestra	78
4.2.2	Tamaño de la muestra	78
4.2.3	Frecuencia del muestreo	78
4.3	Antecedentes del análisis de la caña	80
4.4	Cálculo del rendimiento probable	85
4.5	Determinación de pol % caña	90
5	CALCULO DE FACTORES	92
5.1	Factor de brix	92
5.2	Factor de sacarosa	93
5.3	Factor de rendimiento	93
5.4	Sac % jugo normal de la muestra	94
5.5	Factor de retención teórica	94
5.6	Factor de jugo % caña	94
5.7	Factor de polarización	95
5.8	Factor de basura (Trash)	96
	CONCLUSIONES	109
	RECOMENDACIONES	110
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	BIBLIOGRAFÍA	115
	APÉNDICE	116

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Número	Título	Página
1	La espiral del progreso de la calidad	7
2	Trilogía de la calidad	9
3	Organigrama sugerido para la División	22
4	Ocho productos primarios de la caña de azúcar	30
5	Los siete productos del proceso de la caña de azúcar	32
6	Translocación de la sacarosa	35
7	Concentración de la sacarosa en el tallo de la caña	37
8	Comparativo del rendimiento estimado	40
9	Identificación de las estaciones de muestreo del lote	57
10	Ilustración del corte de la caña de azúcar	59
11	Definición de los puntos de muestreo en el tallo de caña	62
12	Variación del brix, pol y azúcares reductores	67
13	Diagrama de flujo sugerido	75
14	Productividad en toneladas / hombre-día	150
15	Devengado diario en quetzales	152
16	Veinte años después	155
17	Crecimiento agro-industria nacional	157

LISTA DE SÍMBOLOS

+	Suma
-	Resta
/ ó ----	División
x ó *	Multiplicación
=	Igualdad
()	Signo de agrupación. Altera el orden lógico de operaciones
()	Paréntesis ortográfico
2	Elevado al cuadrado
%	Porcentaje o tanto por ciento
US \$	Dólares de Estados Unidos
Q	Quetzales
	Estación de muestreo

GLOSARIO

- AICA** Azucareros del Istmo Centroamericano. Es una entidad autónoma, privada, no lucrativa, de espíritu y proyección integrista, que agrupa a las agro-industrias azucareras del Istmo Centroamericano.
- ASAZGUA** Asociación de Azucareros de Guatemala. Entidad autónoma, apolítica y no lucrativa; integrada por los productores de azúcar, que deseen pertenecer a la misma. El 17 de septiembre de 1957 fueron aprobados los estatutos para su funcionamiento y operación.
- ATACA** Asociación de Técnicos Azucareros de Centro América. Fundada en 1975
- ATAGUA** Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala. Fundada en 1971.
- Basura** Es todo material que acompaña a la caña de azúcar; pero no contiene sacarosa: hojas, raíces, tierra, Etc. También se le conoce como: Trash, materia extraña, impurezas, no-caña.
- CENGICAÑA** Centro de Investigación y Capacitación de Caña de Azúcar. Entidad privada, no lucrativa, de carácter científico y tecnológico.
- CEPAL** Comisión Económica para América Latina.

COMETRO	Comercializadora Metropolitana, S.A. Fundada a principios de 1992, para comercializar el azúcar en la ciudad capital de Guatemala.
Extracción	Aquella parte (usualmente porcentaje) de un componente de la caña, que es extraída por la molienda. Los componentes usuales, en este concepto, son: brix, pol y sacarosa. La palabra extracción se califica en función de éstos. Por ejemplo: extracción de sacarosa.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
Fibra	La materia seca (de la caña) insoluble en agua.
Floema	Conjunto de vasos conductores del agua y los nutrientes de la raíz hacia todo el resto de la planta.
Fructosa	Llamada también azúcar de frutas, es más dulce que la sacarosa y la glucosa. Su fórmula empírica es similar a la de la glucosa.
Glucosa	Es el azúcar más importante en los seres vivos, su fórmula empírica es: $C_6H_{12}O_6$. Sinónimos: azúcar de maíz, azúcar de uva.
Habilitación	Dinero o mercancías que se dan a un trabajador a cuenta de labores que realizará en el futuro.
ISSCT	International Society of Sugar Cane Technologist.
Jugo absoluto	Todos los sólidos disueltos en el jugo de la caña más toda el agua; o sea, caña – fibra.

LAICA	Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Creada el 4 de noviembre de 1956; con la promulgación de la ley No. 3579. "Ley Orgánica de la Agricultura é Industria de la Caña. San José, Costa Rica.
Normas ISO	Contienen los elementos o requisitos fundamentales de los sistemas de gestión de la calidad, y cada una de ellas se aplica a una situación concreta de una organización, según la complejidad de la organización
OIT	Organización Internacional del Trabajo.
Rendimiento	Cantidad de azúcar obtenida al procesar una unidad de peso de caña. Ejemplo: libras/tonelada, kilos/tonelada, etc.
Sacarosa	Es el azúcar más común en la naturaleza, Se forma por condensación de los azúcares monosacáridos: glucosa y fructosa su fórmula empírica es: $C_{12}H_{22}O_{11}$
Sector 8 –10	Parte superior del tallo de la caña de azúcar que va desde la hoja número ocho hasta la hoja número diez. Las hojas son numeradas a partir de la que ocupa la posición más alta en el tallo, a la que le corresponde el número uno, hacia abajo.
Tándem	Conjunto de varios molinos y sus accesorios que constituyen la unidad de molienda del ingenio
Tonelada	Unidad de peso de dos denominaciones: tonelada larga (métrica) corresponde a 1,000 kilos (2,204.6 libras); tonelada corta corresponde a 920 Kilos (2,000 libras).

Xilema

Conjunto de los vasos conductores que utiliza la planta para llevar los productos elaborados en las hojas, hacia las raíces de la misma.

**“No se engañe: hacer azúcar es, realmente,
una de las cosas más difíciles del mundo.
Y hacerla bien es casi imposible”
Mark Twain**

RESUMEN

El conocimiento correcto y oportuno de los parámetros de calidad, en función del grado de maduración de la caña de azúcar, permite establecer el momento óptimo de su cosecha o corte; obtenido como producto de un programa de precosecha o pre-corte.

Las metodologías más utilizadas, en las diferentes regiones cañeras del mundo, para determinar, cuantificar y establecer prioridades de corte o índices de maduración, son presentadas, con el propósito de compararlas, para que cada unidad productiva disponga de un banco de opciones y pueda utilizar la metodología que mejor se adecue a sus recursos y satisfaga sus necesidades. Se sugiere un programa de control de calidad, de la caña, antes de su cosecha o programa de pre-cosechas.

Se sugiere la implementación de una: División de Aseguramiento de la Calidad, para que funcione como el ente responsable del aseguramiento de la calidad y la mejora continua en toda la organización. Se adjunta un proyecto, a manera de ejemplo, el cual puede ser adecuado a las características de la organización.

Se incluye un anexo que ilustra los impresionantes resultados obtenidos, tanto en los ingenios involucrados, como en toda la agro-industria azucarera nacional, a raíz de los cambios introducidos en las operaciones de la cosecha de la caña de azúcar; al implementar el re-diseño de su proceso.

INTRODUCCION

El aseguramiento de la calidad requiere el desarrollo de una amplia variedad de actividades que deben estar perfectamente estructuradas. Estas actividades o tareas de calidad son el resultado de una investigación: sobre los requerimientos de calidad del mercado, la revisión de los procesos de producción y las metodologías de análisis de las materias primas.

En una empresa pequeña unas cuantas personas pueden llevar a cabo todas estas tareas; pero a medida la empresa crece, estas tareas se vuelven tan lentas y engorrosas que cuando llegan a cumplirse la información generada es obsoleta.

El aseguramiento de la calidad, es el término con que se identifica una perspectiva detallada del desempeño y ejecución de las tareas de calidad. Siendo un concepto integrador de administración para mejorar, en forma continua, la calidad de bienes y servicios proporcionados mediante la participación de todos los niveles y funciones de la organización.

En toda organización, el personal tiene opiniones, creencias, tradiciones y prácticas que conciernen a la calidad. Esto se conoce como cultura de la calidad de la empresa. Entender, desarrollar y enriquecer esa cultura, es el objetivo que se alcanza en este trabajo, al definir con certeza, quién tendrá a su cargo la responsabilidad de diseñar y ejecutar estas tareas de calidad.

Producir bienes y servicios en un ambiente de alta calidad es más rentable que producirlos en condiciones de mala calidad. Un sencillo ejercicio, de matemática elemental, ilustra el tremendo impacto económico que produce un pequeño descuido en la calidad de la caña. “Está demostrado que cada 1% de basura, presente en la caña, reduce el rendimiento de fábrica, hasta en un 1.7%” (Humbert, 1979). En un ingenio que muele un millón de toneladas por zafra; con un rendimiento promedio de 82.3 kilogramos de azúcar por cada tonelada corta de caña. Su rendimiento se reduce a 80.9 kilogramos de azúcar por cada tonelada corta de caña; o sea 1.4 kilogramos de azúcar por tonelada corta de caña, por cada 1% de basura ingresada al ingenio con la caña. Es una cifra, aparentemente pequeña; pero al final de la zafra, significa 1.4 millones de kilogramos de azúcar que *no se obtienen*. Para efectos de cálculo, estimando el precio de venta, en promedio, del kilogramo de azúcar, en US \$ 0.20; el ingenio dejará de percibir: US \$ 280,000. Adicional a ese diferencial en los ingresos, el ingenio debe soportar todos los inconvenientes que provoca la presencia de la basura en todo el proceso.

Se debe pagar por: cortar, alzar y transportar 1% de basura, que equivale a 14 mil toneladas. Para un costo estimado de producción de Q. 50.00 por tonelada de caña; las 14,000 toneladas de basura representan un costo de: Q. 700,000.00 por zafra. En resumen, cada 1% de basura, significa un costo extra de 2.66 millones de quetzales, por zafra. Con el agregado de todos los costos e inconvenientes que este material indeseable causa en toda la operación del ingenio.

Es muy importante resaltar que el éxito de un ingenio azucarero está determinado por la calidad de su producto final (azúcar), lo que le permitirá competir, con ventaja, en el mercado nacional e internacional; si la caña que industrializa, sea de producción propia o de proveedores particulares, no llena los requisitos de calidad requeridos, le será imposible obtener un producto final de calidad competitiva y a costos razonables.

1. LA CALIDAD

1.1 Antecedentes

Es por todos conocido que la actual estructura de las crecientes relaciones internacionales ha puesto en marcha un cambio cultural, en el cual, la filosofía subyacente es: que no existe otra vía, hacia la fortaleza comercial, para obtener la confianza de los consumidores, que no sea entregando productos y servicios de alta calidad. Mucho más que una moda, este atributo es el resultado inevitable de la fuerte competencia, que surge de la dimensión global, que han adquirido todos los negocios.

“La estrategia de la empresa debe estar basada en el cliente y los requerimientos de competitividad. Dentro de esta realidad, la calidad (en términos competitivos) surge como una necesidad primordial para poder sobrevivir en mercados cada vez más entrelazados y globalizados, tanto a escala mundial como al interior de los bloques económicos. No hay duda que, para una empresa competitiva, la mejora continua de la calidad se convierte en un requerimiento esencial de su sobrevivencia.” (Dobles, 1994)

“Nuestros ancestros, hasta donde sabemos, estaban conscientes de que la calidad es importante: Mediciones, especificaciones, inspección, se conocen desde hace siglos. Los murales egipcios, de alrededor del año 1450 A de C, muestran actividades de: **Inspección y Medición**. Las piedras de las pirámides, están cortadas con tal precisión, que es imposible introducir la hoja de una navaja entre ellas. Gran parte del éxito, de los egipcios, se debió a los métodos y procedimientos uniformes; y, a los instrumentos precisos de medición”. (Evans, 1995)

La calidad y su aseguramiento con normas y certificaciones internacionales serán, en el futuro, un aspecto clave de la competencia y participación en el comercio internacional.

La posesión de un certificado de aseguramiento de la calidad, por ejemplo las normas ISO; no solo representa una ventaja competitiva; también, tranquilidad para la empresa frente a la globalización.

“La esencia de la calidad no es la técnica, sino la entrega de la Administración a su gente y a su producto, dada a lo largo de decenios y vivida interminablemente con persistencia y pasión, cosa que es desconocida en la mayoría de organizaciones de nuestros días”. (Peters, 1995)

La calidad gira alrededor de la pasión y de la entrega. Se trata de algo muy personal, si no somos capaces de definir la calidad, con seguridad la reconocemos y la identificamos cuando la vemos; es por ello, muy importante, comprender y aceptar que, en la actualidad, la calidad ha dejado de ser una característica técnica, para pasar a ser una característica del negocio.

La producción azucarera es una de las pocas actividades en las cuales el efecto de la calidad, en la materia prima, es rápida y fácilmente cuantificable en el producto. La buena calidad, en la caña, se refleja inmediatamente en: un proceso más rápido (menos insumos), mayor rendimiento y producto de buena calidad; pero, infortunadamente la situación inversa también tiene un efecto inmediato: la mala calidad de la caña, torna el proceso más lento, por ende más caro (incrementa los costos), reduce el rendimiento (disminuye los beneficios) y se obtiene un producto de mala calidad (menor precio de venta o rechazo). Experiencias, en todo el mundo azucarero, demuestran que los incentivos, que no sean financieros, difícilmente persuaden o motivan al productor de caña a entregar un material de buena calidad.

“Es por ello que el productor de caña, quien recibe un alto porcentaje del valor del azúcar producido, debe ser correctamente instruido de los perjuicios económicos, que se provoca a sí mismo, y a la fábrica, al entregar un material de mala calidad”. (Clarke. 1996)

De tal suerte que, cada miembro de la organización, desde el personal operativo hasta los más altos ejecutivos, tiene una función que cumplir en la conformación de una cultura de la calidad. La única forma de lograrlo es asegurando la participación íntegra y voluntaria de todos, a manera de reconocer y hacer realidad que: *las únicas actividades, que agregan valor al producto, son las que dan como resultado una transformación física del mismo.*

1.2 Definición de la calidad:

Una definición breve que tiene mucha aceptación es: la calidad es la satisfacción del cliente. Aunque breve, esta definición tiene un punto central, el cual debe desarrollarse, para proporcionar una base antes de emprender acciones.

La base, de la definición anterior, es la palabra cliente. Un **cliente** es aquella persona a la cual un producto o proceso impacta.

De hecho, existen diversos tipos de clientes que se pueden clasificar en dos grupos:

1.2.1 *Cliente externo:* incluye no solo al usuario final, sino también a los procesadores intermedios y a los comercializadores. Otros, no siendo compradores, tienen otro tipo de relación con el producto o servicio.

1.2.2 *Cliente interno:* incluye, tanto a las divisiones, personeros, etc. de la empresa, como otros departamentos y secciones de otras empresas, a los que afecta el proceso.

En la actualidad se define *producto* como: La salida de un proceso y puede clasificarse en tres categorías:

- a) *Bienes*: por ejemplo el azúcar.
- b) *Software*: un programa, un informe, una instrucción, etc.
- c) *Servicio*: bancos, seguros, transporte, etc. Los servicios también incluyen actividades de apoyo, dentro de las empresas, como: prestaciones para empleados, mantenimiento, apoyo secretarial, laboratorios, etc.

Es necesario, para poder continuar, definir: satisfacción del cliente.

Para que se logre la satisfacción del cliente, se deben cumplir dos componentes básicos de la calidad:

1. *Las características del producto*: son aquellas propiedades, de un producto, que se evaluarán contra las especificaciones aceptadas por el cliente: polarización, color, filtrabilidad, etc. Es posible segmentar el mercado (población total de clientes externos) en función del nivel o grado de la calidad deseada Ej. Azúcar blanco refino, blanco directo, crudo, etc.
2. *La ausencia de deficiencias*: las deficiencias se establecen en diferentes unidades como: errores, fracasos, defectos, fuera de especificación, etc. La ausencia de deficiencias, se refiere a la calidad de conformancia. La calidad de conformancia, tiene un profundo impacto en los costos; una deficiencia de ella, significa mayores costos por: desperdicio, reproceso, quejas, devoluciones, etc.; en tanto, que el cumplimiento, de la misma, significa costos menores por: ausencia de quejas, aceptación del producto, menos trabajo en reproceso y productos fuera de especificaciones; pero, fundamentalmente: satisfacción del cliente; lo que garantiza su lealtad a la empresa.

El grado del éxito, alcanzado en la gestión de la calidad, solo puede ser determinado por las manifestaciones de confianza o juicio valorativo del cliente o usuario. Para acrecentar la confianza del cliente, la calidad debe ser asegurada utilizando una serie de acciones planificadas y sistemáticas destinadas a certificar el correcto cumplimiento de las características y requisitos, previamente identificados, definidos y especificados; tomando como base las expectativas de los clientes.

“Las corporaciones han sido creadas y existen, solo para servir a los clientes internos y externos. Punto” (Peters, 1994)

1.3 La función de la calidad

El logro de la calidad requiere el desempeño de una amplia variedad de actividades, claramente identificadas, o de tareas de calidad. Los ejemplos son obvios: estudios de necesidades de los clientes, revisión de los diseños, pruebas de los productos, investigaciones de mercados, análisis de las quejas de los clientes, etc.

Conforme las empresas (ingenios) van creciendo, estas actividades se van incrementando, en dimensión, cantidad e interrelaciones; llegando a ser realmente engorrosas y lentas, lo que obliga, a las empresas, a crear departamentos especializados para cumplimentarlas: programación y control, investigación de campo, coordinación de caña, control de malezas y plagas, frentes de cosecha, recursos humanos, fábrica, etc. Con el grave inconveniente de ser, independientes entre sí; y, rivales o competidores, en la mayoría de los casos.

Estas actividades (funciones) siguen una secuencia de eventos, relativamente, sin mayores cambios, originando lo que se conoce como: la espiral del progreso de la calidad.

Conformada por las actividades principales o línea principal de la espiral; y las muchas actividades administrativas y de apoyo como: financieras, recursos humanos, distribución, ventas y procesamiento de datos. Ver figura 1

En la conformación de la espiral, es evidente que deben realizarse muchas tareas para alcanzar la calidad. Algunas son realizadas dentro de la empresa, otras las realizan personas o empresas ajenas; por ejemplo: proveedores, asesores, publicistas, legisladores, asociaciones, etc.

Para esta colección de actividades, es necesario tener un nombre, que las identifique con claridad. Por ello, el nombre que se utiliza es: ***función de calidad***.

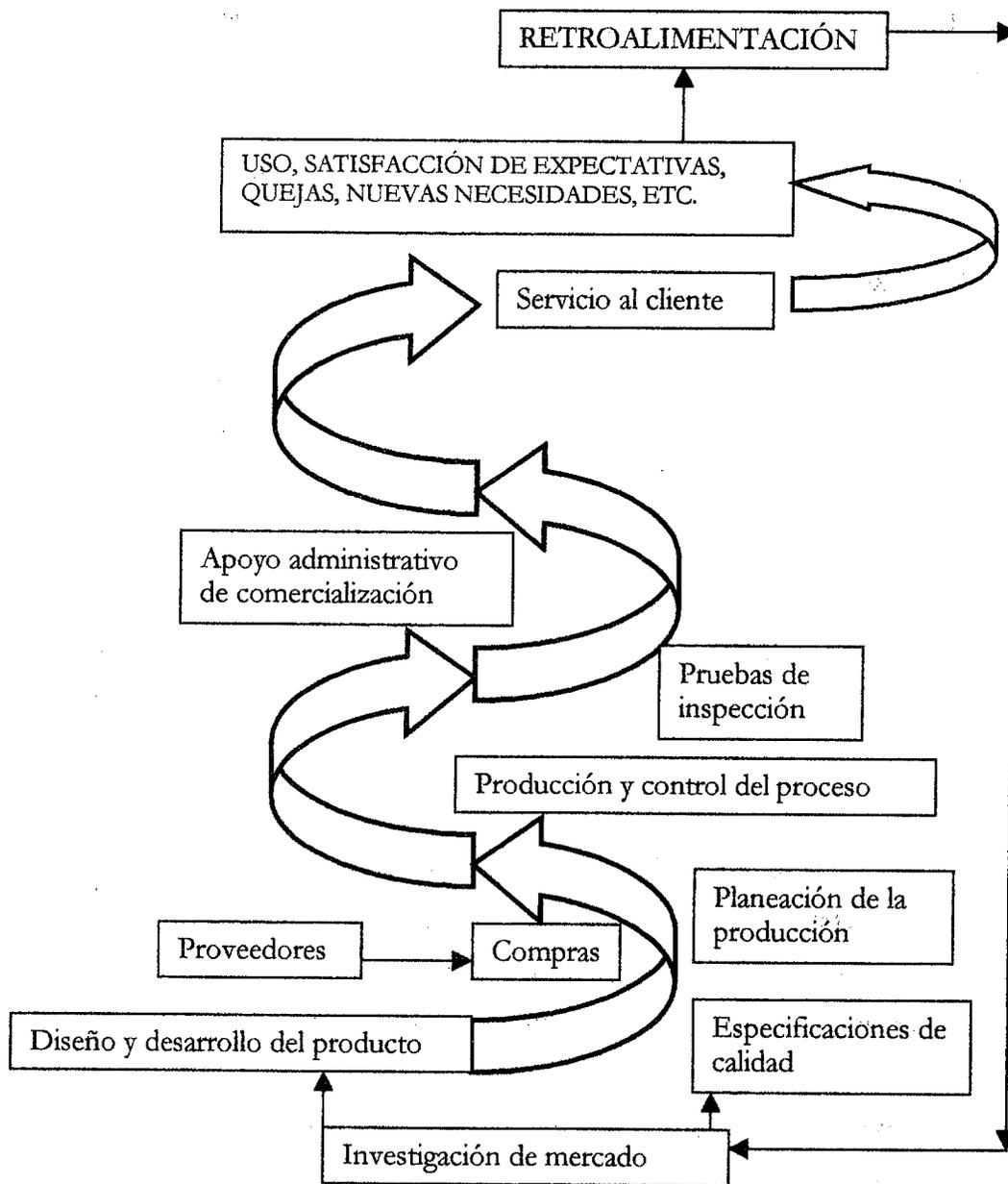
La función de calidad, es la colección completa, de todas las actividades, por las cuales se alcanza la adecuación de un producto (calidad de conformancia) para su uso satisfactorio, sin importar en que lugar se realicen.

Es sumamente importante ver la espiral o función de la calidad como un sistema; es decir, una red de actividades o sub-sistemas; en el cual, algunos de estos sub-sistemas o segmentos de la espiral, forman parte de la misma y aparecen en ella; en tanto que otros, aunque no se muestren en la espiral, están presentes y activos en todas las actividades, como: procesamiento de datos, estandarización, etc.

Estos sub-sistemas o funciones, cuando son bien diseñados, realizados y coordinados; se convierten en parte integrante del sistema general, lo que permite, con mucha certeza, alcanzar la calidad de conformancia; es decir, los objetivos de calidad previamente establecidos.

El alcance tradicional, de las funciones de calidad, es sometido a cambios radicales e inesperados, acerca de la orientación que, anteriormente, se le daba a la calidad de los productos, en las industrias de transformación.

Figura 1 La espiral del progreso de la calidad



Fuente: Seminario: "Hacia un Liderazgo Gerencial con Calidad"
Villatoro, Pedro, INTECAP. 1996

En la actualidad, los conceptos de calidad, aplicados a todos los productos, todas las actividades funcionales y todas las industrias, se basan en el triple papel de quien ejecuta las tareas. Bajo este concepto, todos los trabajos incluyen tres roles, que desempeña todo aquel que realiza las actividades:

- a) **CLIENTE:** recibe insumos de información y bienes físicos.
- b) **PROCESADOR:** convierte estos insumos en productos.
- c) **PROVEEDOR:** distribuye los productos resultantes a los clientes.

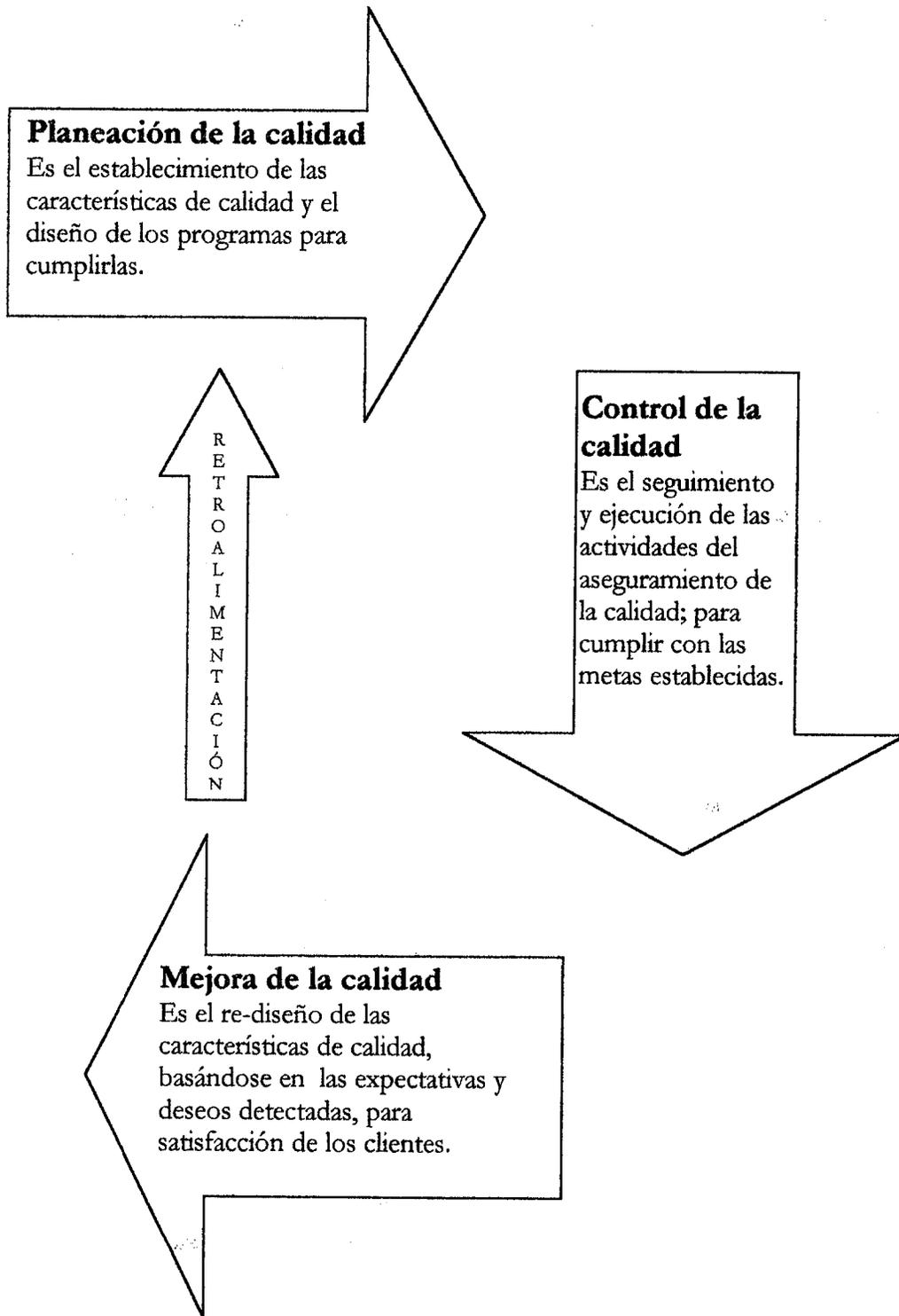
1.4 Administración de la calidad

La administración, de la calidad, es el proceso de identificar, organizar y supervisar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos de calidad en una organización. “Una manera útil para ilustrar los elementos básicos de la administración de la calidad es: trazar una paralela a una función bien establecida, específicamente la de finanzas”. (Jurán, 1986).

La administración financiera, es posible realizarla, con el concurso de tres procesos bien definidos: planeación, control y mejoramiento. Cada uno de estos tres procesos, a su vez, da origen a importantes elementos o funciones, que permiten alcanzar los objetivos propuestos. Por ejemplo: presupuestos, reducción de costos, etc.

Estos mismos procesos, son de fácil aplicación a la administración de la calidad; ya que, al igual que a las finanzas, proporcionan un enfoque metódico, lógico y secuencial. De tal manera, que cada uno de los tres procesos (planeación, control y mejoramiento), aplicados a la calidad, se puede definir con más detalle, como secuencias ordenadas de actividades Ver figura 2.

Figura 2 Trilogía de la calidad.



Los tres procesos, de la trilogía de la calidad, deben estar interrelacionados; pero, en muchas situaciones, han sido tomados como sistemas independientes con diversos nombres: control de calidad, calidad total, círculos de calidad, etc. Lo que ha provocado su fracaso en muchas organizaciones.

Para hacer de la trilogía de la calidad un marco de referencia eficaz, que permita alcanzar los objetivos de calidad, es necesario que los procesos se apoyen en un fundamento de liderazgo inspiracional y prácticas realistas, sobre el entorno y el clima organizacional; con el propósito de favorecer, en todos los sentidos, la creación de una cultura de la calidad.

Sin esta cultura de la calidad, ningún proceso de calidad tendrá los resultados esperados; ya que, al hablar de cultura, estamos refiriéndonos a las personas y sus actuaciones.

“Cuando la gerencia decide implementar una cultura de la calidad en toda la empresa, tiene que normalizar todos los procesos y procedimientos; y luego, valerosamente, delegar la autoridad en los subalternos. El principio fundamental de una administración acertada, es permitir que los subalternos aprovechen la totalidad de sus capacidades. La gerencia basada en la humanidad, es un sistema que estimula el florecimiento de un potencial humano ilimitado” (Ishikawa, 1986).

1.5 La cultura de la calidad

El desarrollo de una organización azucarera moderna (procesos, estructura, recurso humano, cultura y clima) no es posible sin una buena estrategia y un sistema de aseguramiento de la calidad.

Parte integrante de una *estrategia de cambio*, tiene que ser una decisión consciente de pasar a una modalidad de aprendizaje, en la cual se aprecien por igual: **APRENDER Y HACER**. Esta es una condición previa indispensable para administrar eficazmente el cambio.

Otro ingrediente esencial es: que los *Líderes* se comprometan a hacer una inversión personal significativa para crear y desarrollar una **VISIÓN INSPIRADORA**, utilizando su propio tiempo y conducta en formas congruentes con dicha visión. Porque si el comportamiento de los directivos no corresponde a los **VALORES** y las **PRIORIDADES** declarados, el cambio no será duradero.

Probablemente, el más importante de los procesos que implican un cambio eficaz, es el de: **APRENDER HACIENDO**; ya que, aprender a mejorar la eficacia del esfuerzo es un componente natural de toda estrategia y de toda táctica. Sin embargo, los ejecutivos no saben aplicar este principio a su administración, permitiendo que la **costumbre** y los **valores tradicionales**, se combinen para recompensar el comportamiento **orientado a resultados** en contraposición al comportamiento **orientado a aprender**.

Una modalidad de aprendizaje solo se puede dar en una organización en la cual los directivos entiendan el proceso y vean el aprendizaje como algo que permitirá enfocar los problemas en una forma integral, que garantice que la información estará disponible *cuando se necesite y en donde se necesite* y que todo aprendizaje implica un **PROCESO DE CAMBIO**.

Aprender a aprender permitirá crear una cultura de intercambio de información basada en la confianza; en la cual compartir los conocimientos por medio de programas de aprendizaje y coordinación sea la **REGLA** y no la **EXCEPCIÓN**.

Es muy importante señalar que, la manera correcta de enfrentar una solución, a los problemas de calidad, estriba en iniciarla con un vigoroso esfuerzo de capacitación, en sus dos grandes sectores: educación y adiestramiento, coordinadamente con esfuerzos institucionales y gubernamentales, para promover y ejecutar actividades de certificación, como la evaluación de conformidad, de productos y servicios, a normas y especificaciones técnicas, que sean de aceptación nacional e internacional.

En todo programa de calidad, deben considerarse dos aspectos relevantes:

- A. LA ORIENTACIÓN HACIA LAS PERSONAS, de parte de los directores, superintendentes, jefes de área y supervisores; lo que conlleva a la realización de un trabajo bien hecho, asumiendo cada individuo la plena RESPONSABILIDAD POR SUS ACCIONES.
- B. COOPERACIÓN: proceso de creación de valores, permanentes, mas allá de la comunicación y del trabajo en equipo.

Cada miembro de la organización es garante de la calidad recibida y de la parte del proceso que le compete, debiendo existir ETICA para responsabilizarse plenamente por el trabajo realizado. La gestión de calidad implica una gran participación del personal en la INFORMACION del desempeño de la empresa y en la retroalimentación de su PROPIO DESEMPEÑO (Evaluación del desempeño). **La información compartida** facilita la descentralización de las decisiones operativas en el trabajo, permitiendo el desarrollo de la capacidad de autocontrol, de aprendizaje y transferencia de conocimientos a fin de que cada persona, en la empresa, conozca claramente las necesidades de los clientes, la parte del proceso que le compete, las metas a alcanzar, los estándares de calidad requeridos y los resultados de las mediciones de su trabajo.

La orientación hacia los procesos, implica que la estructura organizacional debe funcionar como un conjunto de redes de trabajo interrelacionadas de prestaciones de servicio (proveedor-cliente).

Recordemos que: si la calidad en las distintas etapas de un proceso, se mantiene dentro de los estándares prefijados, el producto o servicio final tendrá la calidad requerida.

Las políticas básicas sobre la calidad deben ser establecidas por los NIVELES SUPERIORES de la organización, basándose en los objetivos de la misma. Para que estas políticas se conviertan en realidad, es necesario que exista una persona que ASUMA LA RESPONSABILIDAD TOTAL DE LA CALIDAD. La persona responsable de esta delicada tarea, ha de estar situada en un puesto alto dentro de la organización, al frente de una división de aseguramiento de la calidad y contar con el apoyo irrestricto de la Gerencia General.

Un sistema efectivo de aseguramiento de la calidad, deberá diseñarse de tal manera que satisfaga las necesidades y expectativas del cliente, proteja los intereses de la empresa y cuide, conserve y mejore el ambiente. Un sistema de aseguramiento de la calidad bien estructurado constituye un recurso de gestión administrativa muy útil para mejorar y controlar la calidad con relación a: el riesgo, el costo, el beneficio, el crecimiento y la sobrevivencia de la organización.

Muchos empresarios y gerentes, se escudan bajo la premisa: nuestra empresa no es la mejor; pero, tampoco es la peor. Esta actitud es muy peligrosa, por fatalista y derrotista; además de ser altamente contagiosa, ya que irremediablemente, provoca indiferencia, ausentismo, irresponsabilidad, etc. en todo el personal; y, como una consecuencia directa, las organizaciones se ven sumergidas en el caos y la mediocridad.

En la medida, que las organizaciones, generen conciencia de calidad en sus colaboradores; en ese sentido, la calidad se convierte en una realidad día a día, al ser practicada, con entusiasmo, por todos y cada uno de ellos. La conciencia de calidad, es el eco de la filosofía de la calidad, porque mediante la vivencia de la misma, todos se ajustan a los estándares de perfección, prestando especial atención al cumplimiento de las normas y a la prevención de los errores; posibilitando la mejora continua y la búsqueda de la excelencia.

La cultura de la calidad, está conformada por varias culturas, entre las que se pueden citar:

a) Cultura del cliente

Es la cultura de la DISPONIBILIDAD. Toda actividad humana tiene un valor objetivo y son las otras personas quienes definen y cuantifican ese valor, miden el desempeño y los resultados.

b) Cultura de la integración

Es la cultura del proceso, de la interrelación, de la referencia mutua, de la verificación vivencial, etc. Está conformada por quienes hacen posible la realización de las actividades, aunque no necesariamente tomen parte activa en ellas; pero sin su intervención no se realizan. Por ejemplo; este trabajo ha sido posible gracias a las aportaciones y esfuerzos de muchas personas que brindaron su tiempo y cooperación (asesores, revisores, secretarias, etc.)

c) Cultura de la prevención

Es la cultura de la ANTICIPACION, para evitar ser sorprendidos por los hechos. Se trata de diseñar para maximizar la probabilidad de que ocurra lo que deseado (calidad de conformancia) y minimizar la ocurrencia de lo no deseado (errores, fallas, etc.).

d) Cultura de la mejora continua

Es la cultura que va mas allá de los sistemas. La calidad no está hecha, hay que hacerla cada día y todos los días. Cuando nos sentamos a contemplar nuestros éxitos, comenzamos a gestar nuestro propio fracaso.

e) Cultura del valor

La cultura del valor engrandece y desarrolla a las organizaciones. Rompe con la cultura del costo, la cual las reduce y lleva al fracaso. La diferencia está en la pregunta que se hace cuando se va a adquirir un bien o un servicio: la cultura del costo pregunta ¿Cuánto cuesta? La cultura del valor, está orientada a la calidad, por lo tanto, pregunta ¿Qué valor agrega a nuestro producto?

f) Cultura de la participación

Es la cultura en la cual todos somos convocados al banquete de la creatividad y la innovación. En esta cultura, las empresas **NO SON UN LIDER Y SUS SEGUIDORES**, sino que son: **UN PROYECTO COMPARTIDO POR TODOS Y TODOS SON IGUALMENTE RESPONSABLES DE LOS RESULTADOS.**

1.6 Sistemas de calidad

Dos aspectos fundamentales, de todo sistema de calidad, son los que se refieren a la documentación y a las auditorías: los registros y gráficos de la calidad relativos al diseño, inspección, ensayo, vigilancia, revisión y las auditorías con sus resultados conexos; son elementos importantes de todo sistema de calidad.

La alta gerencia deberá definir cual será el sistema de calidad que se implementará; así como deberá formular los planes adecuados de auditoría y control.

Entre los sistemas más utilizados están:

a) Inspección final

Es la comprobación, en el producto final (azúcar), del grado de cumplimiento de las normas establecidas (criterios de calidad). Detecta defectos y errores. Aprueba o rechaza los productos defectuosos.

- No evita la producción defectuosa o con errores.
- No reduce los altos costos por reproceso y desperdicio.
- No impide que funcionen Dos fábricas: una de azúcar con defectos y otra de azúcar aceptable. Ambas con los mismos costos de producción.

b) Verificación de la calidad

Mide las características de calidad de los productos, durante y al final del proceso. Aprueba o rechaza productos e insumos defectuosos. Aunque ya hay un criterio de calidad en el proceso, no va a la raíz del problema.

- No evita la producción defectuosa o con errores.
- No reduce los altos costos por reproceso y desperdicio.
- Continúan funcionando las DOS FÁBRICAS con sus altos costos; pero se incorpora la inspección, lo que incrementa el costo total en ambas fábricas.

c) Control de la calidad

Al aparecer defectos en los productos, se toman medidas correctivas para evitar su repetición; pero se continúa sin llegar al fondo del problema. Se reducen pero no evitan los resultados defectuosos y los altos costos de la ausencia de calidad.

d) Aseguramiento de la calidad

Aquí nos aseguramos de ELIMINAR las causas de los defectos ANTES QUE ESTOS APAREZCAN. Al evitar la producción con defectos y errores, se reducen enormemente los costos de no producir calidad y desaparece la fábrica de productos defectuosos, lo que incrementa la productividad, los dividendos de la empresa y, fundamentalmente, la satisfacción de los clientes internos y externos.

1.6.1 ISO 9000-1:1994 Normas para el aseguramiento de la calidad

El propósito fundamental, de esta norma, es aclarar los principales conceptos relacionados con la calidad, así como las diferencias y las interrelaciones entre ellos. Ofrece también orientación para la selección y utilización de la serie de normas ISO 9000, sobre gestión de la calidad y su aseguramiento.

La norma incluye los principios y definiciones básicos sobre objetivos y responsabilidades de la calidad, sobre las partes interesadas, la diferencia entre los requisitos del sistema de la calidad y los requisitos del producto, las categorías generales del producto, las facetas de la calidad, el concepto de un proceso, la red de procesos en una organización y su relación con el sistema de la calidad, la evaluación de los sistemas de la calidad, las funciones de la documentación, las situaciones del sistema de la calidad y la selección y utilización correcta de las diferentes normas.

Los objetivos y responsabilidades de la calidad en toda organización son: alcanzar, mantener y mejorar sus productos y servicios; infundir e irradiar confianza y proyectar una imagen de fiel cumplimiento de las normas y requisitos de calidad.

Los objetivos y responsabilidades de la calidad en toda organización deben ser:

- A.** Alcanzar, mantener y mejorar la calidad de sus productos y servicios.
- B.** Mejorar la calidad de todas sus operaciones.
- C.** Infundir e irradiar confianza a sus clientes (internos y externos) en todo lo relativo a la calidad y su aseguramiento.
- D.** Proyectar una imagen de fiel cumplimiento de las normas y requisitos de calidad en todas sus operaciones.

*"Necesitamos gente que crea profundamente en lo que hace,
que comprenda la importancia de su trabajo y que se sienta
muy orgullosa de lo que está haciendo" Steven Brown.*

1.7 División de Aseguramiento de la Calidad

Toda empresa es una organización humana, desarrollada o derrumbada por la calidad de su gente en función del conocimiento, que es un recurso eminentemente humano. Para que una empresa tenga éxito, el conocimiento de su gente deberá tener un claro sentido para sus clientes en términos de satisfacción y valor.

El Conocimiento por sí mismo es inútil, será efectivo en la medida en que contribuye a consolidar a la empresa en sus áreas externas de beneficios: canales distribuidores y mercado.

Los resultados no dependen de ningún miembro de la empresa, como tampoco de nada que esté dentro del control de la empresa; por el contrario, dependen de algo externo: el cliente en una economía de Mercado; o de las autoridades en una economía controlado por el Estado; pero será siempre alguien de fuera, quien decide si el esfuerzo empresarial tendrá resultados beneficiosos o desastrosos (pérdidas).

En la misma situación se encuentra el único recurso especial de toda empresa: el conocimiento; porque, lo que distingue a una empresa exitosa de una mediocre, es su capacidad de utilizar todo tipo de conocimientos en forma eficaz. Es solo por la adecuada utilización del conocimiento como una empresa puede superarse y producir algo de valor para sus clientes; pero este recurso, tampoco es un recurso empresarial. Es un recurso social, universal y al alcance de todos.

Resulta paradójico que el más importante recurso de la empresa, también está fuera de ella como todos los resultados empresariales o beneficios.

Con base en lo anterior es posible definir a la empresa como: EL PROCESO DE CONVERTIR UN RECURSO EXTERNO (el conocimiento) EN RESULTADOS EXTERNOS (valores económicos).

En el mundo de hoy, para que una empresa sobreviva, y más aún, para que prospere, es necesario que todos sus miembros sean emprendedores; pero todos, desde el personal de servicio hasta el propio presidente.

1.7.1 Marco teórico

Comúnmente se dice que los ejecutivos no le dedican tiempo a la planeación, lo que por desgracia es cierto. Los ejecutivos deberían dedicar más tiempo y pensamientos al futuro de sus empresas. La negligencia del futuro es solo un síntoma, porque el ejecutivo pasa por alto el futuro, al no poder superar el presente; pero esto también es un síntoma. La verdadera enfermedad es la ausencia de una base de conocimiento y método para encarar el quehacer económico de la empresa; porque las tareas del presente le consumen todo el tiempo.

Un ejecutivo, antes de pensar en enfrentar el futuro, debe estar en condiciones de solucionar los problemas del presente en menos tiempo y con eficacia; para lo cual necesita disponer de un enfoque metodológico, de tal forma, que pueda realizar correctamente su trabajo.

Las empresas se fundan con un propósito eminentemente económico; por lo que es posible establecer tres diferentes dimensiones del quehacer económico.

- A.** La Empresa actual debe ser eficaz
- B.** Poseer una clara identificación y comprensión de su potencial
- C.** Convertirse en una empresa diferente para un futuro diferente

Estas tres cosas deben ser realizadas en el mismo momento: hoy. Ser encaradas por la misma organización, con los mismos recursos y en el mismo proceso administrativo; porque: "*el futuro no se hace mañana... se construye hoy*"; en función de las decisiones y acciones dirigidas al presente. De la misma forma; lo que se hace con vistas al futuro, incide directamente en el presente.

Por muy sencilla y pequeña que sea una empresa, siempre hay: mas cosas que hacer que recursos disponibles para ello. Lo que obliga a establecer prioridades. Todos estamos conscientes que es muy fácil decidir prioridades; lo que es realmente difícil es: decidir las postergaciones; o sea, lo que no se debe hacer en ese momento. En caso de duda, lo recomendable es: no postergar, sino abandonar. Porque siempre es un error volver sobre algo que en su oportunidad dejó de hacerse, por muy atractivo que sea. Es preferible tomar decisiones erróneas y cumplirlas que buscar excusas y eludir la responsabilidad contraída.

No existe una fórmula infalible para establecer qué tan acertada es una decisión. La única forma de poder minimizar el riesgo, es tomar las decisiones en forma sistemática y basadas en la mejor información. Los riesgos no son campos de acción, son restricciones a la acción, de tal suerte que las acciones deben estar orientadas a la maximización de las oportunidades y no a eludir los riesgos.

La prosperidad y el crecimiento son solo para las empresas que en forma sistemática buscan, descubren y explotan su potencial, para lo cual es necesario que desarrollen en forma honesta y completa un sistema que les permita descubrirlo; ya que, generalmente, se encuentra oculto en su organización.

Para descubrir el potencial de la empresa, es necesario realizar una investigación para encontrar:

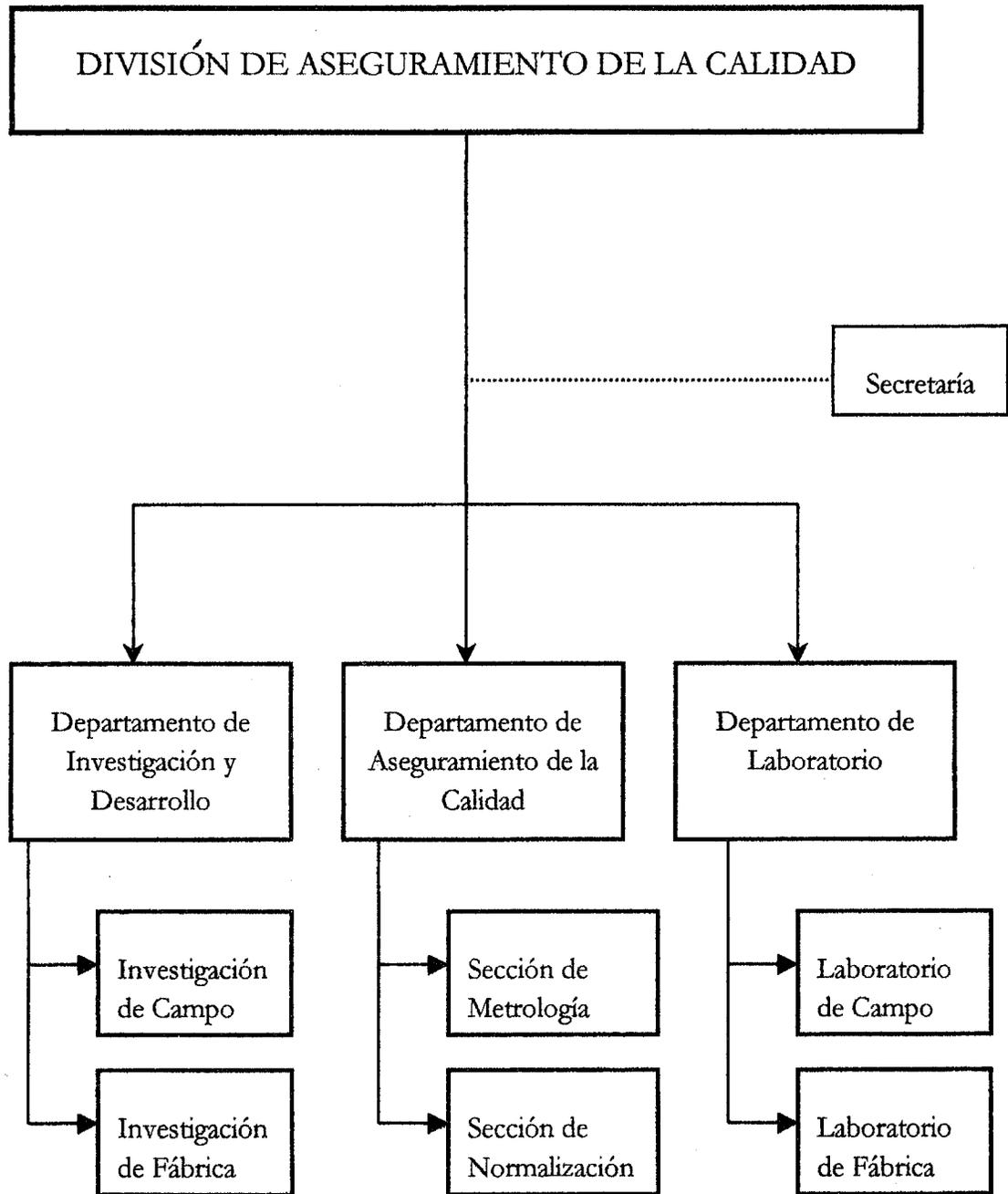
- ❖ ¿Cuáles son las restricciones y limitaciones que entorpecen la eficacia y los resultados económicos?
- ❖ ¿Cuáles son sus desequilibrios?
- ❖ ¿A qué se le teme y se considera una amenaza, y en que forma es posible convertirla en una oportunidad?

Es muy importante señalar que: la estructura adecuada NO garantiza los resultados; pero una estructura inadecuada, entorpece los esfuerzos mejor dirigidos y mata los resultados. La estructura debe facilitar resultados verdaderamente importantes, que permitan cumplir con la misión, las prioridades, las oportunidades y la excelencia de la empresa. Figura No. 3

No se debe pensar que los planes a largo plazo están destinados a eliminar los riesgos y la incertidumbre; su propósito no es decidir: que es lo que se va a hacer mañana; si no, que es lo que se debe hacer hoy, para poder tener un mañana. Todas las oportunidades implican un riesgo, por lo que es altamente probable que se ocasione un daño grave a la empresa, permitiendo que personas, sin la debida preparación, tengan el poder de tomar decisiones de alto nivel.

Es tan evidente que toda empresa recibe un pago por sus productos o servicios, que casi nunca es olvidado; pero con frecuencia es pasado por alto el hecho que: cada una de estas tres áreas: producto, canal distribuidor y mercado, constituye una sola dimensión de la actividad productora de resultados; un desequilibrio en cualquiera de ellas ó entre ellas, significa: un desempeño incorrecto o una mala gestión administrativa.

Figura 3. Organigrama sugerido para la División de Aseguramiento de la Calidad



1.7.2 Objetivo

Esta división será la encargada de generar toda la información técnica de las operaciones de la organización, basada en **HECHOS Y CON DATOS REALES Y COMPROBABLES**, generará los reportes e informes que le sean solicitados. Participará activamente en las investigaciones que le sean encomendadas y las que, por su propia naturaleza de ente fiscalizador, deba realizar en beneficio de la organización.

Tendrá bajo su responsabilidad el aseguramiento de la calidad, para lo cual deberá conformar el Departamento de Metrología Y Normalización. Preparará y capacitará personal de todos los niveles en las técnicas, herramientas y conocimientos para estructurar una cultura de la calidad; en coordinación con la División de Recursos Humanos.

Sugerirá medidas y acciones para evitar que las actividades en general y la disposición de los desechos, sólidos, líquidos o gaseosos, provoquen contaminaciones y deterioro del ambiente.

Asistirá a la Gerencia General con la información técnica pertinente de cada una de las etapas del proceso productivo.

1.7.3 Justificación

Las políticas básicas sobre la calidad deben ser establecidas por los **NIVELES SUPERIORES** de la organización, sobre la base de los objetivos de la misma. Estos estándares se convierten en el soporte del Aseguramiento de la Calidad; pero para que estas políticas se conviertan en realidad, es necesario que exista una persona que **ASUMA LA RESPONSABILIDAD TOTAL DE LA CALIDAD**. La persona responsable de esta delicada tarea, ha de estar situada en un puesto alto dentro de la organización, al frente de una División de Aseguramiento de la Calidad y contar con el apoyo irrestricto de la Gerencia General.

1.7.4 Misión

Estar siempre en óptimas condiciones de proporcionar la información veraz y oportuna, al servicio de la Gerencia General, para una eficaz toma de decisiones. Basada en la experiencia, tecnología y personal altamente calificado para la recolección, manejo y presentación de la información técnica de todo el proceso productivo de la empresa en un marco ético, profesional y responsable. Nuestra principal actividad es, el aseguramiento de la calidad, de todos nuestros productos; así como, la investigación, desarrollo y presentación de alternativas que incrementen la productividad, en una **cultura de calidad**. Con énfasis en la protección del ambiente en las áreas de influencia de la organización.

1.7.5 Organización

- Gerencia de la División
- Secretaría
- Departamento de Aseguramiento de la Calidad
 - ❖ Metrología.
 - ❖ Normalización.
- Laboratorios:
 - ❖ Laboratorio de Campo.
 - ❖ Laboratorio de Fábrica.

1.7.6 Funciones y atribuciones

- a) Definir, conformar y desarrollar una **cultura de la calidad** en la parte operativa de la organización.
- b) Fiscalizar las operaciones productivas, en forma permanente, detectando desviaciones de los procedimientos, normas y estándares establecidos, proponiendo opciones de solución.
- c) Evaluar el uso de los insumos, recursos y equipos, tanto en campo como en fábrica, buscando el ahorro de los mismos y el incremento de la productividad, en concordancia con los programas de producción establecidos, preservando la protección del Ambiente y en estrecha colaboración con las Divisiones involucradas.
- d) Proporcionar a la Gerencia General toda la información de las diferentes etapas del proceso productivo, elaborando los reportes, informes y análisis estadísticos que sean requeridos.
- e) Supervisar la adecuada calibración de los equipos de medición en las diferentes etapas del proceso productivo, en estrecha colaboración con las divisiones involucradas
- f) Establecer y mantener estrecha relación con organismos é instituciones orientados hacia la normalización, metrología y calidad. Por ejemplo:

ASAZGUA

CENGICAÑA

COGUANOR

OCCT

1.7.7 Infraestructura y recursos

Básicamente, en la mayoría de las empresas, agro industriales del país, se cuenta con las instalaciones, equipo y recurso humano indispensable para proceder a la implementación de la División de Aseguramiento de la Calidad. No se pretende que, desde el principio, esta división esté completamente equipada y organizada; pero, es necesario proceder a iniciar sus funciones, utilizando los recursos con se cuenta, por ejemplo:

- Laboratorios de Campo, Fábrica e Instrumentación
- Departamento de Investigación Agrícola.
- Departamento de Programación y Control
- Departamento de Capacitación

Lo más importante es tomar la decisión de incorporar la organización al fascinante mundo de la calidad, adoptando el compromiso de un permanente mejoramiento de la calidad con un enfoque futurista.

Las empresas encaran dos tipos de problemas: los actuales y los de mañana. Los actuales son de corto plazo y se refieren al mantenimiento de la calidad que ya se posee, en función del rendimiento, las ventas y las utilidades. Los problemas de mañana, son a largo plazo y significan mejoramiento e innovación; o de lo contrario, la empresa desaparece y es sustituida por otra más innovadora.

Para garantizar la innovación y un crecimiento sostenido, la agroindustria de Guatemala está en la búsqueda de una utilización más eficiente de sus recursos. Este esfuerzo, en que el sector azucarero es líder en el país, se refleja en las importantes inversiones realizadas para la adquisición de maquinaria y equipo moderno; tecnología de punta y asesorías en protección ambiental.

En este último aspecto se ha tomado el liderazgo en el ámbito nacional al establecer con CONAMA, en el mes de julio de 1995, un convenio de cooperación creando para el efecto el Departamento de Manejo Ambiental de Azasgua.

En su esfuerzo por alcanzar el crecimiento y la innovación, en forma armoniosa con la comunidad y el ambiente, la agroindustria nacional, necesita desarrollar y consolidar, en cada unidad productiva, una División de Aseguramiento de la Calidad.

2. LA CAÑA DE AZÚCAR

“La caña de azúcar, la más noble de todas las hierbas, tiene sus raíces profundamente ancladas en la política internacional. Las políticas gubernamentales han mostrado, por siglos, una preocupación particular por las cuestiones azucareras”.(Rivero, 1979)

La caña de azúcar fue traída a América por Cristóbal Colón en su segundo viaje a las Antillas. Se plantó, por primera vez en la isla de la Española (Actual República Dominicana y Haití) 1493; El primer ingenio se estableció, en ese mismo lugar, en 1516.

Desde esos remotos tiempos, el azúcar ha modelado las relaciones entre las naciones exportadoras y las importadoras. Conocida inicialmente, para el mundo occidental, como un lujo importado, el azúcar se adecuaba admirablemente a una tarifa sobre los beneficios, en los países importadores; o a un derecho de exportación en las áreas de producción.

“Durante poco menos de tres siglos, a partir del descubrimiento de América, no hubo, para el comercio de Europa, producto agrícola más importante que el azúcar cultivada en estas tierras. Era un artículo tan codiciado por los europeos, que hasta en los ajueres de las reinas llegó a figurar como parte de la dote”. (Galeano, 1971)

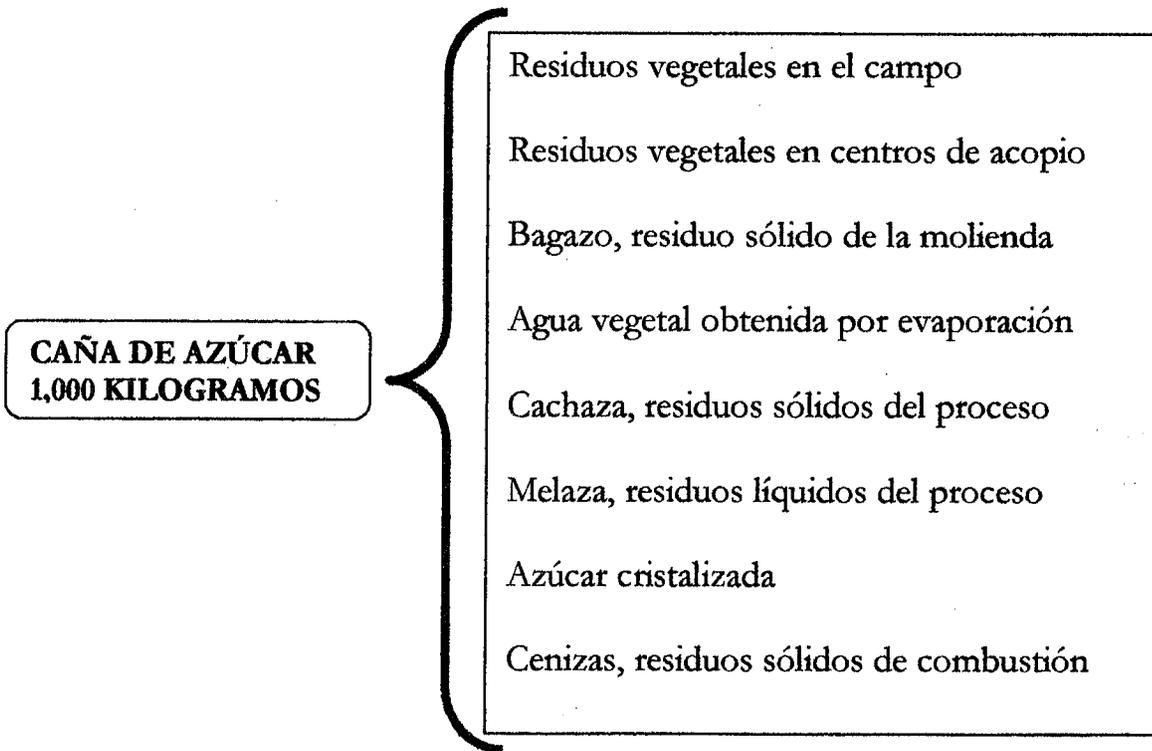
La caña de azúcar es una materia prima con características relevantes, que la sitúan como la planta comercial de mayores rendimientos en: materia verde, energía y fibra; obtenidos en tiempos menores que otros cultivos. En atenciones culturales medias, puede producir 100 toneladas (1,000 kilos) de materia verde por hectárea (10,000 metros cuadrados); que expresadas en términos energéticos, significan 1,000 toneladas de petróleo; como consecuencia directa de su gran capacidad de fijación de la energía, por medio de la fotosíntesis.

Como materia prima, al ser procesada, da origen a OCHO PRODUCTOS PRIMARIOS: Figura 4

- I. Residuos vegetales que se quedan en el campo
- II. Residuos vegetales en centro de acopio y limpieza
- III. Agua vegetal obtenida por evaporación del jugo
- IV. Cachaza o residuos sólidos del proceso
- V. Melaza o miel final, residuos líquidos del proceso
- VI. Azúcar cristalizada
- VII. Bagazo, residuos sólidos de la molienda de la caña
- VIII. Ceniza, residuos sólidos de la combustión del bagazo

Si se toman como referencia 1,000 kilogramos de caña en el cañaveral; por las labores de cosecha: corte, alce, transporte y colocación en centros de acopio, previo a su envío al ingenio; quedan en el campo, en promedio, 176 kilogramos de residuos de la cosecha (puntas, cogollos, hojas, trozos de caña, etc.). De tal suerte, que se envían a la fábrica: 824 kilogramos de caña, los que aun llevan 56 kilogramos de residuos de la cosecha, conocidos como materia extraña o basura, consistentes en: raíces, hojas, puntas, tierra, piedras, etc. Si se restan estos 56 kilogramos de la caña recibida por el ingenio, quedan 768 kilogramos de caña, la cual se conoce como CAÑA NETA.

Figura 4: Los ocho productos primarios de la caña de azúcar



Como resultado del proceso de los 824 kilogramos de caña, incluyendo la materia extraña (CAÑA BRUTA), se obtienen: Figura 5.

- a. 104 Kilogramos de azúcar
- b. 26 kilogramos de melaza
- c. 33 kilogramos de cachaza
- d. 230 kilogramos de bagazo
- e. 430 kilogramos de agua vegetal
- f. 1 kilogramo de cenizas

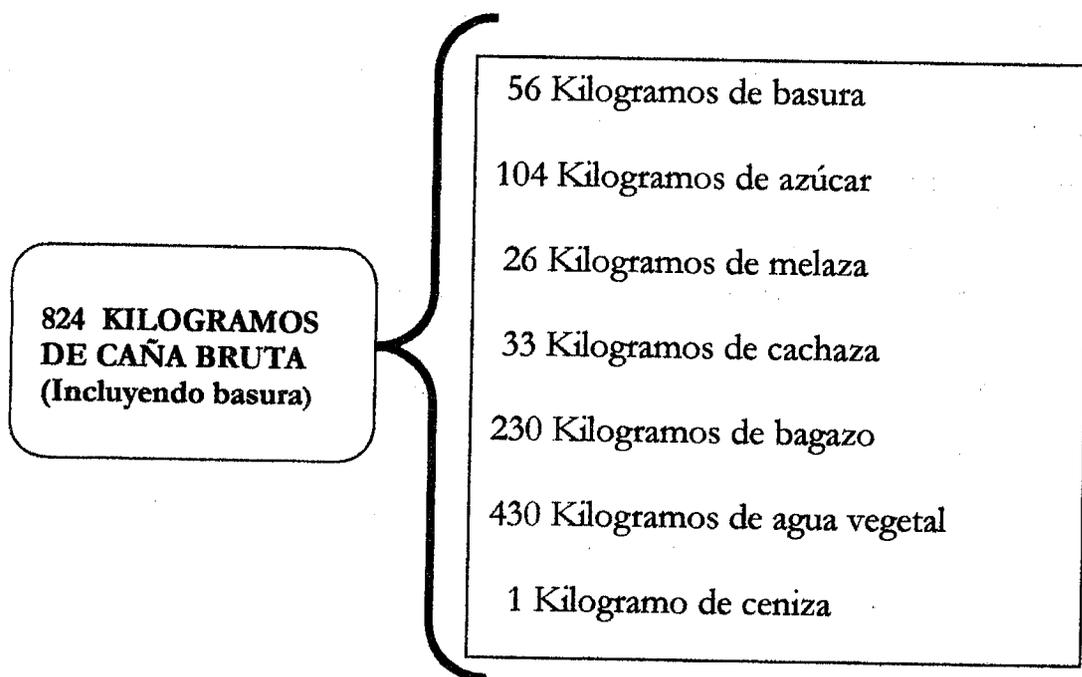
De lo anterior, es fácil observar que, el azúcar cristalizada representa, solamente, el 10.40 % del total de la caña procesada; mientras que el resto (subproductos), tanto de la cosecha como del proceso industrial, constituyen las cantidades de mayor magnitud; todas ellas con posibilidades de convertirse en más de cincuenta derivados de primera generación. Los que a su vez, dan origen a más de cien derivados de segunda generación.

2.1 Morfología y desarrollo

La caña de azúcar es una planta gramínea que se caracteriza porque durante se desarrollo forma un sistema vegetativo subterráneo, del cual nacen muchos tallos; a todo este conjunto se le conoce con el nombre de cepa. El tallo está formado por una serie de canutos ó entrenudos y en un extremo de cada uno de ellos, están insertadas las hojas, en posición alterna.

El ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende tres etapas: la primera llamada población del campo; corresponde al desarrollo de las cepas; desde la brotación, de la primera hoja, hasta que el campo cierra (5 a 6 meses de edad), esta etapa es la de mayor requerimiento de agua, la humedad en la planta debe de estar por encima del 85%.

Figura 5: Los siete productos del proceso de la caña de azúcar.



La segunda etapa, llamada: formación de tonelaje, se refiere a la formación de sacarosa y va del final de la primera etapa, hasta el inicio de la maduración, la humedad aquí debe estar entre 78 y 80%. La tercera etapa o de maduración, se inicia más o menos a los 9 meses de edad; para que se obtenga una buena maduración la humedad debe bajar a un 73 ó 75% en la planta.

La producción de azúcar en la planta de caña, proceso conocido con el nombre de asimilación, es consecuencia directa de la presencia de energía lumínica (luz solar); pero la utilización de los azúcares por la misma planta (desasimilación) depende en gran parte de la humedad y el crecimiento de la caña. La diferencia entre la producción y la utilización del azúcar, por la misma planta, representa el contenido total de azúcares que en ese momento tiene la caña, de los cuales, la sacarosa puede ser separada por cristalización en el proceso de elaboración de azúcar comercial.

“Mediante el proceso de la fotosíntesis, la planta obtiene los elementos esenciales para la síntesis de la sacarosa. De los hidratos de carbono del suelo obtiene: sales minerales y agua. Algunos de estos nutrientes, son utilizados en la estructura anatómica de la planta, otros en la producción de energía, por medio de la respiración; y, los sobrantes, principalmente sacarosa en el caso de la caña, son traslocados hacia el tallo, en donde se almacenan.”(Fors. 1985)

La caña de azúcar ha sido considerada como el organismo más eficiente, en el proceso de almacenar la energía lumínica del sol. Si se desea optimizar ese proceso, es necesario lograr que las relaciones: suelo-planta, sean maximizadas. Los principales factores, que controlan el desarrollo de la planta, deben ser reunidos para integrar un ambiente óptimo.

La caña de azúcar, se desarrolla en forma de matas (cepas), a partir de trozos de la misma, sembrados en el suelo. También es posible la reproducción sexual de la planta; pero se utiliza en programas de mejoramiento varietal. Por lo general produce tallos de 8 a 10 pies de longitud, (de 2.45 metros a 3.05 metros).

Dependiendo de la variedad, sus tallos serán: más largos, gruesos, etc. Cada tallo está constituido por canutos o entre nudos, los que se forman, en promedio, 3 por mes.

La formación de nuevos tejidos, en la caña, está regulada por tres procesos bien diferenciados: división, diferenciación y alargamiento de las células.

La división de las células tiene lugar en el meristema del punto de crecimiento. Las nuevas células, por el proceso de diferenciación, dan lugar a las diferentes clases de células, de la planta, las que se encargarán de sus funciones específicas, previo el proceso de alargamiento.

El crecimiento, de la planta, no es un proceso uniforme, ya que está sometido a cambios de velocidad, en función de los diferentes factores del crecimiento y, sobre todo, de las prácticas de cultivo que sean aplicadas, especialmente el riego y la fertilización; sin descuidar control de malezas, plagas y enfermedades, etc.

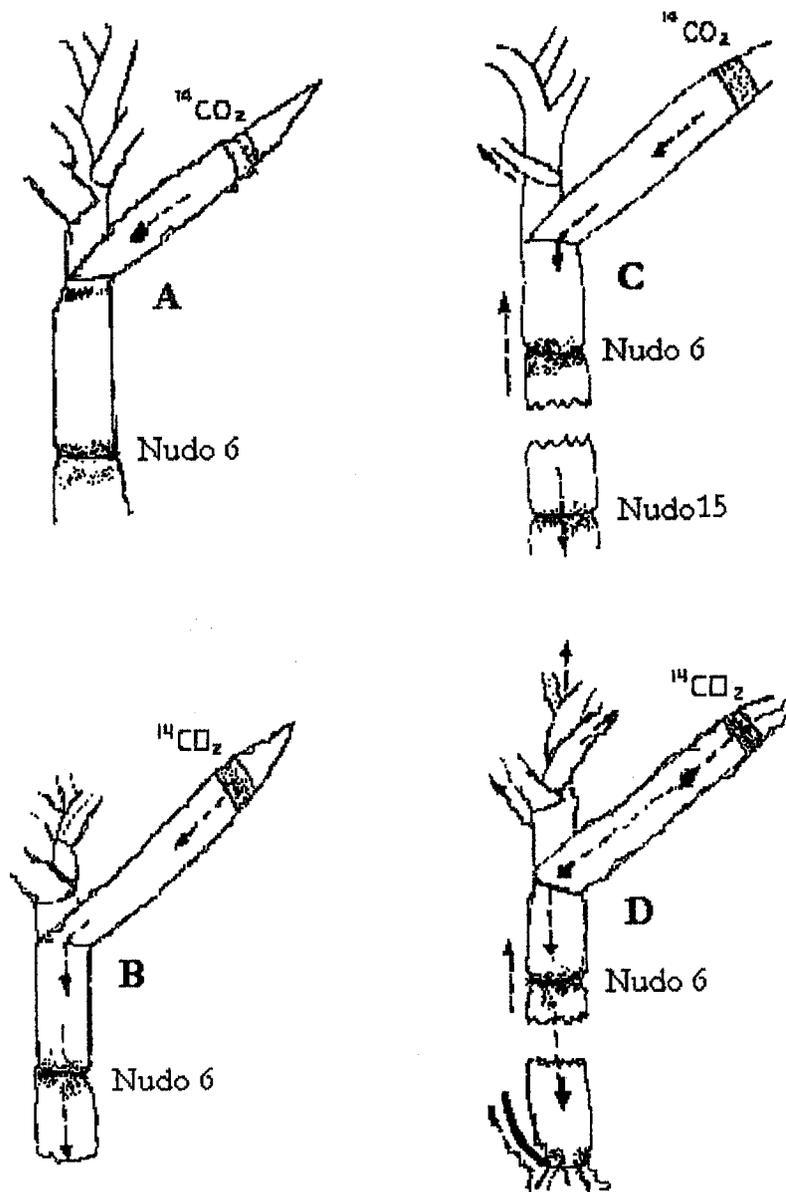
Los azúcares formados en la fotosíntesis como son la sacarosa y los azúcares reductores, glucosa y fructuosa, son translocados de las hojas hacia el tallo y las raíces, a través de los haces conductores del floema; y una cantidad menor, es translocada, nuevamente, en dirección contraria, hacia el meristema apical a través del xilema.

Esto ha sido posible determinarlo gracias a la utilización de radioisótopos. No se sabe exactamente si la translocación obedece a un proceso pasivo de simple difusión o si es un proceso activo dependiente de la energía de las reacciones metabólicas. Figura 6.

La mayor concentración de los azúcares en el tallo ocurre de la corteza hacia el centro siendo mayor en el intermedio. Entre estas dos partes, la sacarosa al entrar en el tejido del parénquima del tallo se transforma en glucosa y fructuosa por acción de una invertasa situada en la parte externa de la pared celular (espacios intercelulares). Una vez dentro de la célula, la glucosa y fructuosa por acción de un proceso de fosforilación, dan origen a la sacarosa, la cual se almacena en las vacuolas.

Figura 6: Translocación de la sacarosa marcada con carbono 14, en sentido ascendente y descendente.

Tiempo transcurrido desde el tratamiento: A: 10 minutos, B: 60 minutos, C: 90 minutos y D: 120 minutos.



Fuente: Hart et al, 1963. Citado por Amaya, A. 1986

La representación gráfica del almacenamiento de la sacarosa a través del tallo se muestra en la figura 7.

Una vez distribuido el azúcar a través del tallo, se inicia el movimiento hacia abajo y se va acumulando en los entrenudos disminuyendo su concentración a medida que se asciende hacia la parte superior del tallo.

La acumulación de la sacarosa difiere un poco de acuerdo al tipo de tejidos donde se acumule, bien sea tejido maduro o tejido joven, lo cual está dado por la presencia de diferentes invertasas (enzimas) y por los requerimientos para el crecimiento. En los tejidos jóvenes, en donde la expansión rápida de las células es común, la sacarosa es rápidamente hidrolizada por la acción de una invertasa ácida y los productos en el proceso de crecimiento. En los tejidos maduros, en donde el proceso de crecimiento es mínimo, hay disminución drástica en la invertasa ácida y predomina más bien una invertasa neutra. Esta enzima está aparentemente localizada en el citoplasma. La invertasa neutra funciona en conjunto con una invertasa ácida, presente en la pared celular y promueven la acumulación de la sacarosa en la vacuola.

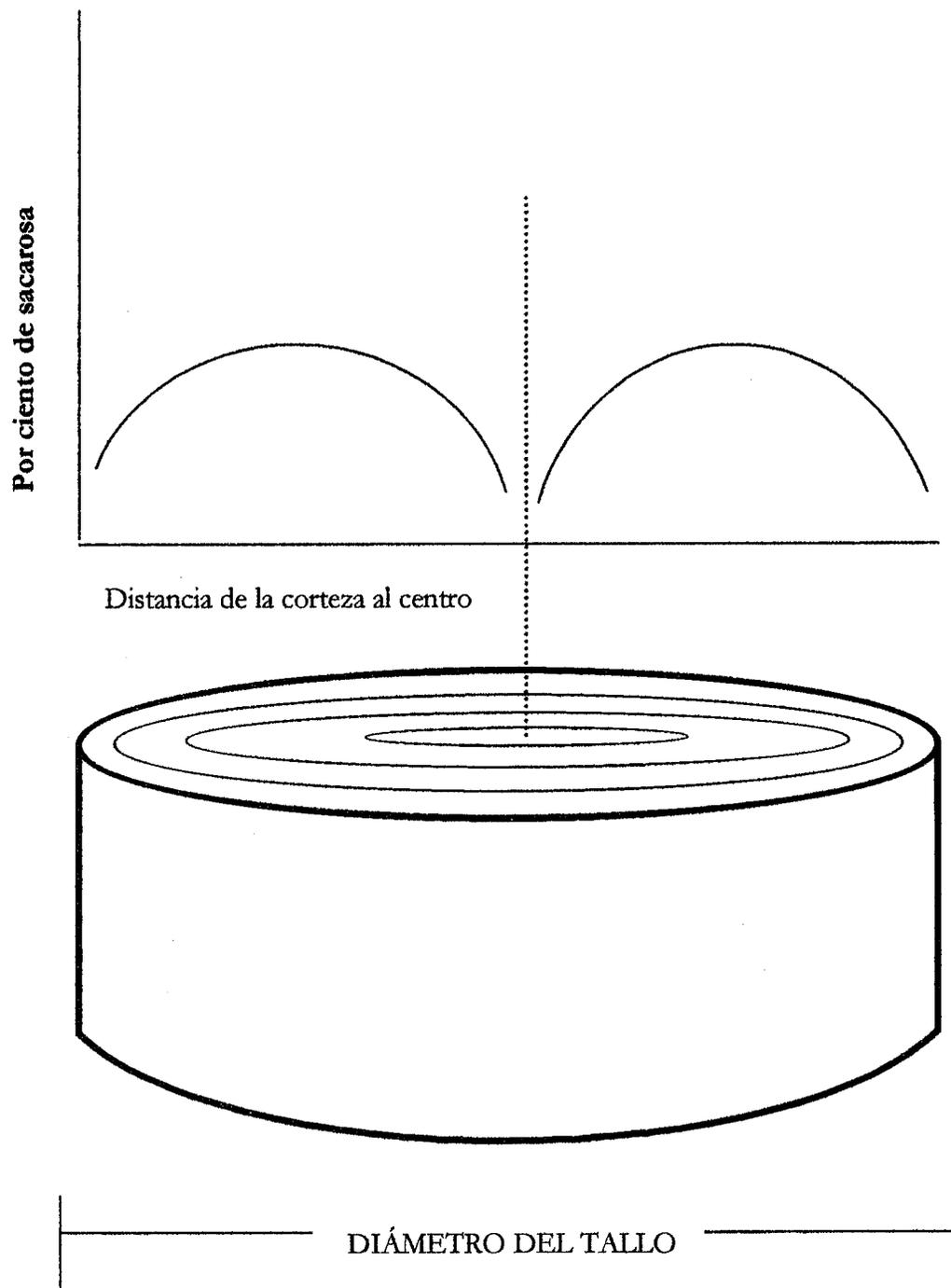
2.2 El proceso de maduración de la caña de azúcar

Se entiende por sazonado o madurez industrial, de la caña de azúcar, la máxima acumulación de sacarosa en los tallos de las cañas. Para que esto ocurra, se requiere el concurso de varios factores:

- Cambios en el clima
- Luz solar
- Tipo de suelo
- Variedad de la caña
- Prácticas culturales

Los factores más relevantes los constituyen: La variedad cultivada, la fertilización (principalmente nitrogenada) y el riego.

Figura 7: Concentración de la sacarosa en el tallo de la caña de azúcar



Para obtener la mayor eficiencia en la acumulación de sacarosa, cada variedad debe haberse sembrado en un período adecuado de tiempo para poder ser cosechada en el momento que de acuerdo a su patrón de maduración (las hay de maduración temprana, media y tardía), se encuentre en su estado óptimo. Al referirse a los factores que limitan la acumulación de sacarosa en la caña de azúcar, considera que la fertilización debe ser reducida si se desea una buena conversión de azúcares reductores a sacarosa; por lo tanto, los períodos de irrigación deben ser controlados antes de la cosecha.

La edad no es índice de madurez ya que cuando el agua y el nitrógeno se mantienen a niveles elevados, la caña no madura, independientemente de su edad.

Entre los principales factores del clima, que limitan a la maduración de la caña de azúcar, se encuentran: la precipitación pluvial, temperatura y luminosidad. La disponibilidad de agua para la caña de azúcar debe ser adecuada en la etapa de desarrollo, para que permita la absorción, transporte y asimilación de nutrientes, pero durante la maduración dicha disponibilidad debe ser ampliamente reducida; así también, se considera que, probablemente, el factor climático de mayor importancia en la maduración de la caña de azúcar sea la temperatura. Varios autores comparten esta opinión, con respecto de la temperatura, al decir que las temperaturas frías en un período prolongado de tiempo, aún con un suministro abundante de nitrógeno y humedad, puede retardar el crecimiento y aumentar el contenido de sacarosa en los tallos. De acuerdo con ellos, esto se debe al efecto directamente proporcional que las temperaturas ejercen sobre la absorción de agua y nutrientes por la planta.

El mayor efecto de la temperatura se da en los meses con períodos secos, con mayor luminosidad y una oscilación térmica entre 11 y 12 grados centígrados, lo cual favorece la acumulación de sacarosa en el tallo incrementando el rendimiento. La luz como principal fuente de energía de la caña juega un papel muy importante en el almacenamiento de la sacarosa. A menor luminosidad menor almacenamiento de azúcares y mayor acumulación de almidón.

Durante la época de la cosecha es conveniente que se presente una temperatura fresca, acompañada de un ambiente relativamente seco; tanto en el suelo como en el ambiente. El desarrollo de la planta se detiene con un incremento del almacenamiento de sacarosa en los tallos. Además, una reducción de la humedad relativa del aire, retarda el deterioro de la caña cortada; al inhibir el desarrollo de los microorganismos que provocan la inversión de la sacarosa.

2.3 Maduración inducida en la caña de azúcar

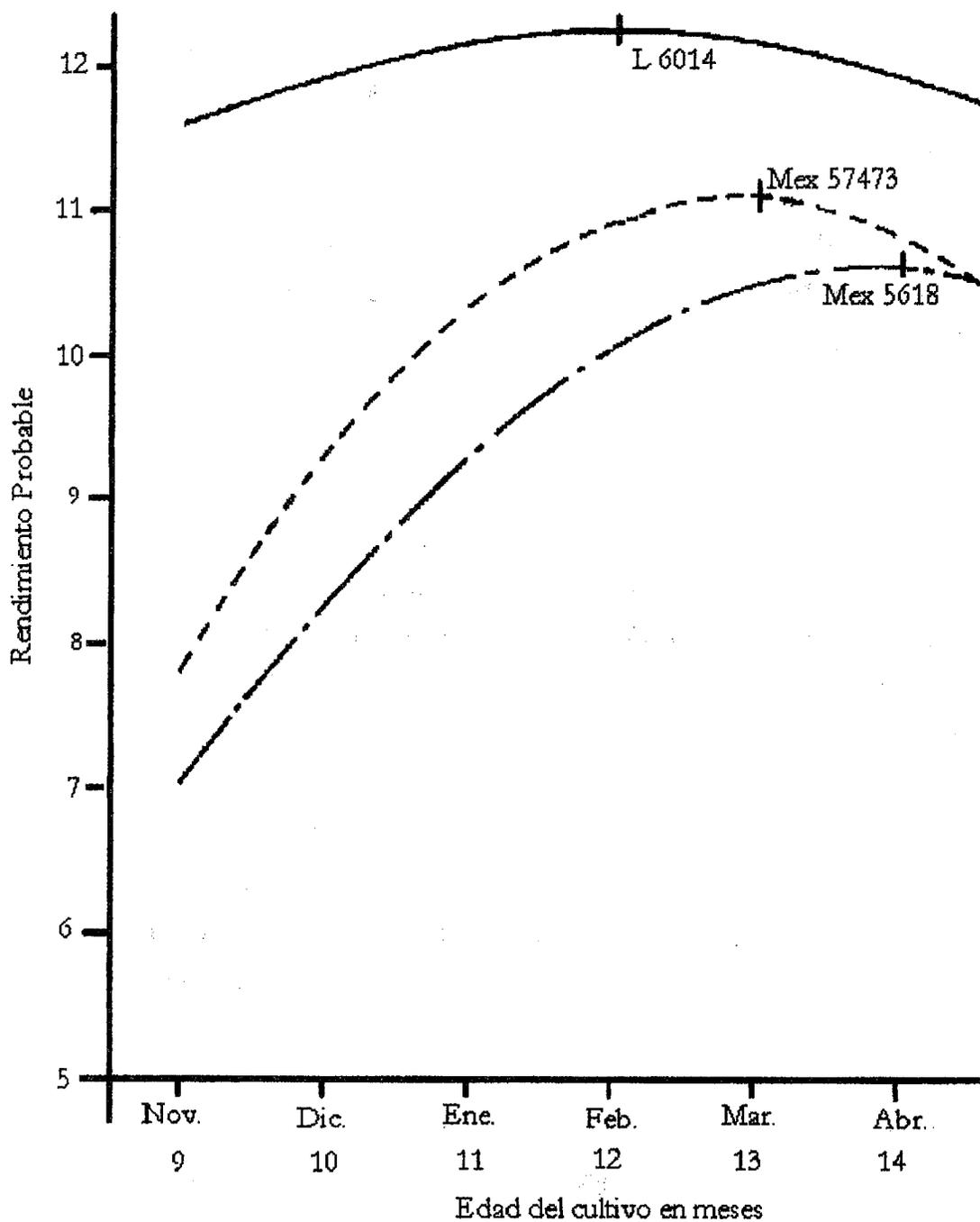
La producción de azúcar por hectárea está directamente relacionada con el tonelaje de la caña por hectárea y el rendimiento o contenido de azúcar por tonelada de caña molida.

Debido a lo difícil de controlar la humedad y el nitrógeno y lo imposible de manejar la temperatura, se justifica la necesidad de utilizar productos químicos para inducir la maduración de la caña de acuerdo con el itinerario de la zafra.

Se han creado diferentes sistemas para conocer el estado de maduración de la caña de azúcar. Todos ellos, basados en los análisis de laboratorio a muestras de caña recogidas en el campo; algunos, se basan en análisis realizados en el campo (refractómetro de mano), controles de campo, muestreos de contenido de humedad, tanto del suelo como de la caña, estado de los cañales, etc. Figura 8.

Para cosechar cañas con óptimo estado de maduración, es adecuado dar un seguimiento a las manifestaciones de la planta durante su sazónamiento, las cuales pueden ser externas o internas.

Gráfico 8: Comparativo del rendimiento esperado para tres variedades de caña de azúcar de diferente ciclo vegetativo.



Dentro de las manifestaciones externas más importantes se tienen; el acortamiento de entrenudos en el cogollo; disminución en el número de hojas de la copa, sector 8 ó 10; floración, las hojas se tornan amarillentas, delgadas y quebradizas; los tallos desprenden cerosina y cambian de color; brotación de yemas y formación de médula corchosa en la parte superior del tallo; por la detención de la *dominancia apical*.

Las manifestaciones internas de la maduración de la planta se refieren al contenido de humedad de algunos de los tejidos, el brix del tallo, cantidad de azúcares reductores y el contenido de sacarosa del mismo.

Se han creado varios métodos de control de maduración, dentro de los cuales, se ha encontrado una buena correlación entre el descenso de la humedad medida en cada método y el aumento en la recuperación de azúcar por tonelada de caña molida. Además de las relaciones entre resultados de los análisis y rendimiento probable de la caña.

Mediante el uso de madurantes químicos, puede asegurarse que su cosecha alcance una buena concentración de sacarosa a pesar de que existan condiciones naturales desfavorables. Al obtenerse un mejor control de la maduración, es posible iniciar la zafra más temprano, esto permite que los ingenios finalicen sus operaciones antes que las lluvias provoquen los estancamientos que ocurren, tanto en el campo como en la fábrica.

El madurante tiende a secar las hojas de la caña, este efecto produce, a menudo, mejor quema, reduciéndose notablemente los costos del transporte e incrementando el rendimiento de campo, al mejorar la relación de toneladas de azúcar por hectárea y transportar mayor cantidad de caña sin basura; y por lo tanto, con mayor contenido de sacarosa.

La madurez inducida puede inhibir la floración en ciertas variedades de caña; esta floración de no inhibirse produciría significativas pérdidas de sacarosa en la caña.

En ocasiones pueden visualizarse algunos efectos después de la aplicación del madurante. Estos efectos pueden variar dependiendo de las condiciones de la plantación, estación del año, variedad de caña, etc. pero generalmente se produce un moteado, manchas y quema de la punta de las hojas, dentro de los diez primeros días que siguen a la aplicación. A veces, esto es seguido por amarillamiento o enrojecimiento de las hojas y del cogollo de la planta. En algunos casos aparecen brotes laterales (lajas).

Se ha comprobado, en algunos casos documentados, que con la aplicación de madurante es posible anticipar un aumento del 5 al 10% en las libras de azúcar obtenidas por tonelada de caña molida, siempre y cuando las cañas tratadas se comparen con cañas en similares circunstancias que no han sido tratadas.

La aplicación de madurante tiene mayor efecto cuando se hace al final del período de desarrollo del cultivo, sin que éste haya alcanzado un estado avanzado de maduración fisiológica. En la mayoría de las variedades, de maduración temprana, esto ocurre entre los nueve y los once meses de edad. Aplicaciones antes de los nueve meses tienen un efecto muy severo en el crecimiento y aplicaciones después de los once meses tienen una probabilidad de respuesta menor, debido a que a esta edad el cultivo tiene una mayor madurez obtenida naturalmente.

El crecimiento promedio de la caña es de 8 cm. por semana, en el período de rápido crecimiento, lo cual depende de clima, variedad, suelo y prácticas culturales. Cuando la caña inicia su proceso de maduración natural, el ritmo de crecimiento disminuye y normalmente puede ser de seis centímetros cada semana. Si al cultivo se le aplica madurante, el ritmo de crecimiento disminuye aún más, y se registran valores de cuatro centímetros cada semana. El madurante aplicado en las dosis adecuadas no debe detener completamente el crecimiento. El hecho de causar un efecto drástico en el crecimiento no implica, necesariamente, un aumento mayor en la concentración de sacarosa. Se han evaluado madurantes que al aplicarlos detuvieron completamente el crecimiento, sin embargo, no produjeron ningún efecto en concentración de sacarosa.

La aplicación de madurante puede incrementar la producción de azúcar hasta en un 25%, pero para lograrlo es indispensable provocar una disminución en el ritmo de crecimiento de la planta, de tal forma que se almacene una mayor cantidad de sacarosa en el tallo. Lo cual, generalmente está asociado a la variedad tratada.

Desde el momento de la aplicación, con dosis adecuadas de madurante, hasta las seis o doce semanas, las plantas presentan un crecimiento total, entre los diez y veinticinco centímetros, menor al que tendrían sin aplicación. Si esto tuviera un efecto directo en la producción de caña, podría esperarse una disminución entre el 3% y un 8% debido a la acción del madurante, sin embargo, debe tenerse en cuenta dos factores importantes.

Parte del mayor crecimiento de las plantas sin madurante se debe al mayor desarrollo del cogollo, el cual se deja en el campo al momento de la cosecha. Los cogollos de las plantas aplicadas con madurante son más cortos; pero son cosechables.

La acción del madurante incrementa apreciablemente el contenido de sacarosa en el tercio superior del tallo (cogollo), lo cual justifica hacer el corte más alto al momento de la cosecha. El contenido de sacarosa en el tercio superior de los tallos en cultivos sin aplicación de madurante es muy bajo.

Por las razones anteriores, las aplicaciones de madurante no tienen porqué afectar la producción de caña, si ésta es despuntada, en forma adecuada, en el momento de cosechar, inclusive se puede esperar una mayor producción de caña en cultivos aplicados con madurante, si se tiene en cuenta que se dispone de una mayor cantidad de tallo útil que se puede enviar a la molienda.

Si la altura del corte o descogolle de la caña, está definida por el rendimiento, en azúcar, que presenten los últimos entrenudos, el valor mínimo de rendimiento está determinado por la cantidad de azúcar recuperable, que presente el cogollo, que permita al menos pagar los costos de corte, alce, transporte y procesamiento.

Si la aplicación de madurante eleva el rendimiento de los últimos entrenudos, es posible descogollar, tan alto como sea posible, de tal forma, que no quede tallo moledero adherido al cogollo. Esto equivale a no dejar en el campo azúcar recuperable.

Por tanto, la aplicación correcta de madurante permite, en algunos casos, aprovechar entre 11 y 17 toneladas adicionales de caña, cantidad que compensa y supera cualquier merma en el tonelaje por disminución en el crecimiento de los tallos, que por efecto del madurante se pueda presentar.

Desde este punto de vista, el uso de madurante es ventajoso no sólo para los ingenios, que pueden recuperar una mayor cantidad de azúcar, sino también para los cultivadores y para los cortadores que pueden descogollar más alto, lo cual les representa un mayor tonelaje.

El concepto de altura del corte que involucra las ideas anteriores, no es fácil llevarlo a la práctica, pues el rendimiento de los últimos entrenudos varía dependiendo de condiciones como variedad de la caña, edad de corte, clima y respuesta al madurante.

No obstante, en los muestreos de precosecha que se practican en los ingenios, además de determinar el rendimiento total del tallo, se puede determinar también el rendimiento de los últimos entrenudos, utilizando la misma muestra de la caña y con base en esta información adiestrar al personal de cosecha para que se ejecute el descogolle a la altura adecuada.

2.4 Efecto de la floración sobre el rendimiento

La floración es un proceso natural que ocurre cuando las plantas han completado su ciclo vegetativo para iniciar el período reproductivo. No todas las variedades de caña de azúcar florecen con la misma intensidad, toda vez que hay factores genéticos que regulan la floración y factores ambientales que a su vez la inducen.

Entre los factores ambientales que más inciden en la floración, se encuentra el fotoperíodo. Se ha demostrado que un fotoperíodo amplio induce la formación del primordio floral en las variedades que son sensibles a florecer en condiciones naturales.

Según la variedad y las condiciones climáticas, la floración puede ser más o menos intensa. Cuando comienza la floración se suspende la formación de nuevos entrenudos y se promueve la formación de yemas laterales; se inicia la formación de médula corchosa que se forma en la parte superior del tallo y se va extendiendo hacia abajo, dependiente principalmente de las condiciones de humedad. En condiciones de sequía, las áreas de médula se unen y forman un núcleo meduloso que contiene muy poco jugo. Cuando estas cañas se procesan hay un resultado extra de fibra con un bajo contenido de azúcar.

El efecto de la floración sobre el rendimiento de azúcar y el tonelaje de caña dependerá de la edad del cultivo y de la intensidad de la floración. Si las condiciones ambientales son favorables, y la floración ocurre cuando las cañas aún se encuentran jóvenes, la producción de caña será menor. Si sucede en caña que ya se encuentra en período de maduración, las pérdidas en tonelaje de caña serán mínimas y el rendimiento en azúcar puede incluso aumentarse toda vez que al cesar el crecimiento del tallo se favorece la acumulación y almacenamiento de sacarosa. Sin embargo, no debe transcurrir mucho tiempo entre la floración y la cosecha para evitar la formación de médula corchosa y la inversión de la sacarosa.

El fenómeno de la floración es independiente de la edad de la caña. Desde que el tallo tiene más de tres entrenudos formados, y se presenten las condiciones de fotoperíodo ideales, hay inducción de floración, lo cual quiere decir que la flor puede aparecer en plantas desde los seis, hasta los doce meses de edad. Cuando ocurre muy temprano, se presentan pérdidas en el tonelaje de caña. Pero, cuando se presenta en caña con edades superiores a los diez meses, no solamente no hay pérdidas en tonelaje; si no, que se incrementa el contenido de sacarosa en los tallos; porque, al cesar el crecimiento, se induce la concentración de sacarosa en el tallo.

Es posible enumerar los siguientes efectos provocados por la floración:

- Reducción evidente de la absorción radical
- Reducción en el abastecimiento de carbohidratos
- Excreción de N y K por la raíz.
- Reducción en la velocidad de la actividad fotosintética
- Muerte de las hojas inferiores.
- Distribución retardada de nutrientes.
- El desarrollo se detiene
- Enriquecimiento en azúcares en la parte superior del tallo
- Emisión de brotes laterales (lalas)
- Formación descendente de médula en el tallo (formación de corcho)
- Deshidratación de los tejidos.
- Baja recuperación de azúcar en el ingenio.

“El reajuste del tallo, para fines de reproducción, cambia toda la fisiología de la planta que va a florear. Algunos de estos cambios son: Una reducción simultánea en la absorción por la raíz, un cambio interno del balance del agua y la redistribución de los nutrientes orgánicos é inorgánicos”. (Arrivillaga, 1988, 13)

Experimentos de campo han demostrado que una caña que florea, tanto como el 35%, puede perder de un 15% a un 20% de su rendimiento. Se han registrado reducciones del 30% del rendimiento, al comparar cañas floreadas y con médula (corcho), con cañas de la misma variedad, floreadas; pero con un mínimo de médula, presente solo en los entrenudos superiores. Los porcentajes, de reducción, se incrementan a medida que las cañas floreadas son cortadas en períodos superiores a los que corresponderían a su ciclo normal, después de iniciada la floración.

La floración, en la caña, se refiere a la iniciación del proceso reproductivo; lo que lo convierte en un factor muy importante, en la producción de azúcar; por lo que, en algunos países, incide fuertemente en el comportamiento de todo el proceso productivo, tanto de caña como de azúcar. Los cambios, en el metabolismo, provocados por la iniciación del botón floral, ocasionan cambios dramáticos en el crecimiento de los tallos; al mismo tiempo, la suspensión del desarrollo terminal, después de la floración, reduce la capacidad del tallo para producir azúcar.

En razón de esto, es imprescindible cortar la caña floreada, lo más pronto posible. En países con ciclo anual (Guatemala), la floración es considerada dañina, por lo que se recomienda cosecharla antes que el panículo floral desaparezca; alrededor de cuatro a seis semanas después de su emergencia. En países, de ciclo bianual, como Hawaii, se produce el fenómeno de dos floraciones; pero a la segunda no se le considera tan dañina, dado que se produce cerca del tiempo de cosecha de la caña.

3. ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR

3.1 Antecedentes

La determinación metódica y constante de la calidad de la caña que se produce en el campo y que posteriormente se cosecha y transporta a los molinos, es una de las actividades más importantes, a manera de asegurar el cumplimiento de los requisitos de calidad. La caña de azúcar es la materia prima para producir la sacarosa cristalizada (azúcar); por lo que es sumamente importante conocer lo mejor posible su composición y las variaciones que la misma sufre durante su desarrollo fisiológico, cosecha, alce y transporte a los ingenios.

La primera etapa del proceso de producción de azúcar es la molienda; que no es más que una separación de la caña en dos partes, una líquida llamada jugo, y otra sólida llamada bagazo, con un alto contenido de humedad y material insoluble que se conoce como fibra; y, que es expresada como un porcentaje del peso total de la caña (fibra % caña).

El jugo que ingresa a la fábrica está compuesto por: agua, sólidos solubles y sólidos insolubles. La unidad de medida de los sólidos solubles en el jugo (sacarosa, azúcares reductores y otras impurezas disueltas), es el **GRADO BRUX**, o sea el porcentaje de **Sólidos Totales** que están disueltos en el jugo.

El contenido aparente de sacarosa en el jugo, expresado como un porcentaje y determinado por un método polarimétrico, se conoce como **POL** o **SACAROSA**.

Aunque no se trata de lo mismo, en la mayoría de ingenios se utiliza con mayor frecuencia el término Pol, que es la lectura del aparato; en tanto que sacarosa es el **porcentaje** de sacarosa disuelta en el jugo o cualquier material azucarado.

La razón porcentual entre la sacarosa y el brix, se conoce como la pureza del jugo, indicando qué porcentaje de los sólidos totales, presentes en el jugo, es sacarosa (en ocasiones se usa como Índice de calidad de jugo).

Los sólidos solubles **diferentes** de la sacarosa, que incluyen: materiales coloreados, polisacáridos, azúcares reductores y otras impurezas, se denominan no-pol y cuantitativamente se expresan como la diferencia entre el valor numérico del grado brix y el valor numérico del pol (No-Pol = Brix - Pol).

La **recuperación final** o cantidad de azúcar producida en la fábrica (rendimiento) es afectada por varios factores presentes en la caña:

- | | | |
|----|-------------------------------------|------------------------|
| A. | El contenido de sacarosa de la caña | sacarosa % caña |
| B. | El contenido de la fibra en la caña | fibra % caña |
| C. | El contenido de no-pol en la caña | brix - pol |

El proceso de maduración, la variedad, la fertilización, el tipo de suelo y las prácticas culturales; son factores que influyen **directamente** en el contenido de sacarosa de la caña ANTES DEL CORTE; pero existen otros factores DESPUÉS DEL CORTE, que, también, afectan directamente la calidad de la caña, incidiendo profundamente en la calidad del jugo, con la consecuente reducción de la recuperación de azúcar en la fábrica. Consecuentemente se reducen, en forma directa, los beneficios económicos.

Estos, factores exógenos, independientes del sistema de cosecha que se implemente (tipo de machete, mecanización, transporte, etc.), y que influyen, directamente, en la recuperación de azúcar en la fábrica son:

1. Altura del corte (superior e inferior)
2. Grado de intensidad de la quema
3. Contenido de materia extraña (porcentaje de basura)
4. Manipulación de la caña (corte, alce, transporte y almacenamiento)

Por experiencia, sabemos, que la parte inferior de la caña es la más dulce (que contiene más azúcar). Si el corte no es a ras (a nivel del suelo), el azúcar se queda en el campo, en los troncos sin cortar; y, no llega a la fábrica.

De la misma forma, por experiencia, sabemos que la parte superior de la caña (punta o cogollo), es la que presenta menos azúcar (desabrida) y mayor grado de acorchamiento, hojas, brotes laterales, flor, etc.; por lo que un inadecuado despunte aumenta ostensiblemente el contenido de materia extraña en la caña, reduciendo drásticamente el contenido de sacarosa entrada en fábrica y el rendimiento de la caña molida.

Con la, cada vez más usual, práctica de la quema (programada o accidental) la caña se ve sometida a altas temperaturas que indudablemente afectan su estado físico y químico.

Cuando no existe un efectivo control en las operaciones de cosecha, la consecuencia inmediata es una ausencia de calidad en la caña cosechada. Aunado a esto, cuando no se cultiva, en la forma adecuada; y además, se cosecha sin efectivo control de la calidad; solo pueden esperarse resultados mediocres. Infortunadamente, en muchas empresas, los encargados de las operaciones, pretenden justificar sus malos resultados aduciendo, en forma absurda: "en esta zafra todos los ingenios andan mal".

Las cañas atrasadas, con su reducción de peso y azúcar, ocasionan enormes pérdidas, tanto a los productores como a los ingenios. No existe ninguna razón lógica, para dejar que la caña se deteriore en el campo. Cuando esto ocurre, por desgracia es con mucha frecuencia, solo se debe a la falta de control en las operaciones de cosecha. En situaciones extraordinarias, por lo mismo, fuera del control humano, es importante contar, con eficaces planes de contingencia, para tratar de recuperar el control.

El porcentaje de sacarosa en la caña que se muele, *se reduce* en proporción directa al *aumento* del contenido de materia extraña presente; del tiempo entre quema, corte y transporte al ingenio; del tiempo que transcurre entre recepción y molienda de la caña y del grado de deterioro que presente la caña, como consecuencia de su manipulación.

La materia extraña (basura), constituida por: hojas, cogollos (puntas), hijos tiernos (mamones), cepas (raíces), partículas del suelo (tierra, piedras, Etc.) y otros materiales que NO contienen sacarosa, causan incrementos, tanto en el contenido (Por ciento) de fibra en la caña como en la producción de melazas; llegando a dificultar los procesos en la fábrica e incrementando las pérdidas de sacarosa en bagazo y miel final. Por ejemplo: los jugos del cogollo (incluyendo la punta del tallo, hojas, entrenudos blandos y en proceso de desarrollo, vainas y hojas enrolladas, que constituyen cerca del 19% de la planta), contienen menos de 1% de sacarosa; pero son, relativamente, ricos en almidón, polisacáridos solubles y azúcares reductores; elementos estos que son grandes productores de mala calidad, tanto de las operaciones en la fábrica (incremento de pérdidas en melazas, incremento en consumo del vapor, lentitud en el proceso, etc.) como del azúcar obtenido (color, cenizas, turbidez, tamaño del grano, etc.).

Al ser molidos, juntamente con los tallos que sueltan jugo rico en sacarosa; los cogollos molidos, lo absorben, de tal manera que al salir de los molinos, como parte integrante del bagazo, llevan más sacarosa (del 2% al 3%) que la que tenían originalmente (del 0% al 1%); incrementando las pérdidas en bagazo (por % bagazo).

La caña se deteriora y su calidad es afectada desde el mismo instante en que se inicia su cosecha; ya sea, en verde, quemada y cortada inmediatamente o quemada y dejada en pie en el campo. Las sustancias No-Pol que contiene el jugo varían en cantidad, composición y calidad, con relación a las condiciones del clima, estado de la caña (enferma, afectada por plagas, deteriorada por mal manejo, condiciones del tiempo, etc.), métodos de cultivo, variedad; pero sobre todo por el estado de madurez.

Se ha comprobado, existiendo abundante literatura al respecto, que en los primeros días de permanencia de la caña, en el campo, quemada y cortada; o quemada y en pie, sufre una caída de peso, de hasta un 5% por cada día que transcurre.

Este porcentaje generalmente se incrementa, en función de la variedad de la caña, tipo de suelo, tipo de corte, condiciones del clima, tipo de quema, etc. Pero más impresionante aún, es la pérdida de rendimiento, ocasionada por el progresivo deterioro de los jugos, en la caña cortada sin procesar. La hidrólisis, ácida o enzimática, de la sacarosa tiene como resultado la formación de cantidades iguales de glucosa y fructosa; con el inconveniente que, ninguno de estos dos monosacáridos cristaliza en condiciones del proceso. Durante la hidrólisis, la rotación óptica, del azúcar, cambia de un valor positivo a uno negativo, es por ello que esta reacción se conoce como inversión y a la mezcla resultante de glucosa y fructosa, se le conoce como azúcar invertida; y, también como azúcares reductores.

A la pérdida de sacarosa, por inversión, se adiciona el incremento de acidez, azúcares reductores, dextranas, almidones, turbidez, etc. en los jugos de las cañas atrasadas; que afectan en forma negativa, todo el proceso operativo del ingenio; desde la molienda hasta el envasado del azúcar; con los consecuentes resultados de: mayores demandas de vapor para el proceso, incremento de la mala calidad y reducción de la cantidad de azúcar, con mayor producción de melazas (incrementando las pérdidas), lentitud en las etapas del proceso y atraso en las operaciones, etc.; lo que cierra el círculo.

Al reducirse el ritmo de molienda, se produce menos bagazo, generando menos vapor (la fábrica demanda más) y disminuye el ingreso de la caña, lo que obliga a reducir el ritmo del transporte, permaneciendo más tiempo la caña en el campo, con su consecuente deterioro; alargando la zafra y sus costosas consecuencias.

Como consecuencia del cambio de rotación óptica, por la presencia de azúcares reductores, los resultados de los análisis de los jugos, realizados en un polarímetro óptico, se alejan de la realidad; porque la combinación de azúcares de distinto grado de rotación los altera, lo que obliga a utilizar otros sistemas de medición más modernos y eficaces; por lo tanto, más caros, en procura de datos confiables.

3.2 Programación de cosecha

Este programa se sustenta en la estrecha vigilancia del desarrollo fisiológico de la caña, basándose en la permanente observación de los factores, internos y externos, que gobiernan y modifican las características de esta planta.

Tiene como objetivo fundamental, garantizar que se proporcionará al ingenio, caña de óptima calidad, durante toda la zafra; a manera, de alcanzar el mayor rendimiento, en libras de azúcar obtenidas por tonelada, de caña molida, que sea posible.

Para que este programa cumpla a cabalidad con su objetivo, es imprescindible que toda; pero toda, la caña que se molerá, debe ser cosechada siguiendo los lineamientos, de los programas de corte, configurados sobre la base de los resultados de los muestreos, información de campo y condiciones de la fábrica.

Es fundamental establecer y mantener un equilibrio dinámico, tanto en las actividades de cosecha, como en la capacidad de molienda del ingenio; en caso contrario, se incrementan los costos.

La cosecha es, en efecto, una de las actividades que ocasionan los costos más altos de todo el proceso. Por ello es indispensable, diseñar y mantener una eficaz programación de toda la cosecha.

Los costos se incrementan, en forma desproporcionada, cuando no se tiene control sobre las actividades programadas. Los pagos adicionales son consecuencia de: cañas quedadas en el campo (falta de transporte o exceso de corte), corte fuera de programa (fuera de ciclo), falta de coordinación, etc. Todas y cada una de las fallas de un programa, incrementan los costos; y lo que es mas grave, disminuyen la recuperación de azúcar, al reducir la calidad de la caña.

Solo se considerará el establecimiento de criterios de corte. La programación de la cosecha, basada en otros parámetros está fuera del campo de este trabajo

3.3 Muestreos de pre-cosechas

El objetivo principal del muestreo, es escoger una muestra que sea representativa de la población que interesa investigar. Una población es un conjunto o colección de objetos de interés; en tanto que una muestra, es un sub-conjunto de objetos tomados de la población.

El muestreo, es una de las herramientas más importantes, para el aseguramiento de la calidad. Se utiliza, con mucha frecuencia, para estimar parámetros de la población, sujeto de estudio, tales como: promedios, proporciones, desviaciones estándar, etc.; los cuales, a su vez, son utilizados para tomar decisiones acerca del estado de la calidad de la población.

En el muestreo se reconoce la variabilidad inherente en la medición. La exactitud es la medida del grado de sesgo en la medición. El sesgo es la cantidad por la cual el valor de la media observada en una serie de mediciones difiere del valor verdadero de la cantidad. La precisión es una medida del grado de repetición del valor medio de una cantidad dada, sin considerar el valor verdadero de esa cantidad.

El sesgo puede evitarse sólo con el diseño y ejecución adecuados del proceso de muestreo: Recolección, manejo y análisis de las muestras.

Las fuentes de sesgo están en todos o en algunos de los siguientes aspectos:

- I.** La definición precisa de la población por muestrear.
- II.** El método para seleccionar las muestras a recolectar.
- III.** La libertad para seleccionar el momento del muestreo.
- IV.** La definición de los métodos de recolección y análisis de las muestras.
- V.** La metodología de cálculo de resultados.

3.3.1 Objetivo

El objetivo fundamental del muestreo es obtener las muestras más representativas, de los lotes a cosechar, con el propósito de recolectar la correcta información que permita vigilar el desarrollo fisiológico de la caña de azúcar; para priorizar los cortes (cosecha), basados en los resultados de los análisis de las muestras recolectadas, información de campo y políticas establecidas por la gerencia general.

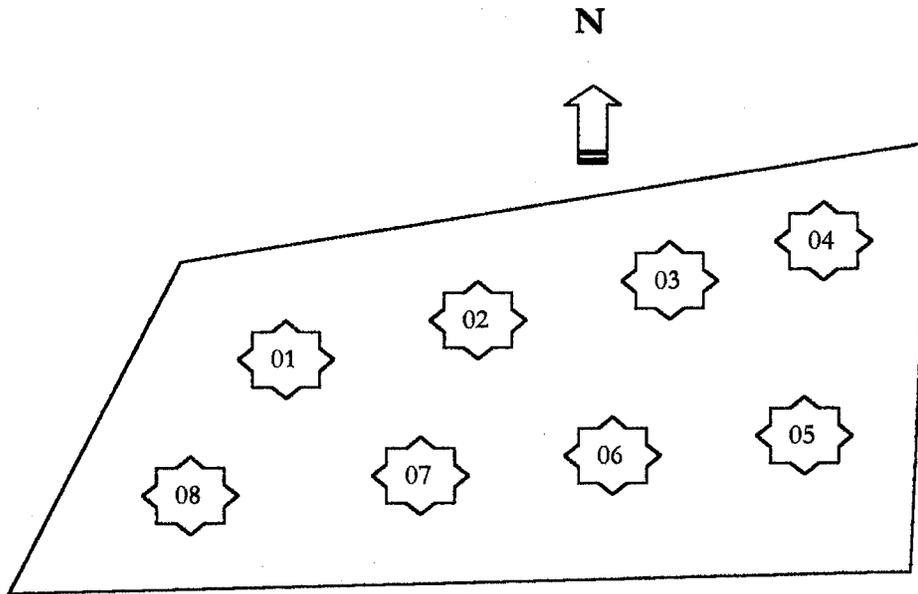
3.3.2 Preparación del muestreo

Se programa el muestreo, basándose en los planos de los cañaverales, debidamente lotificados y codificados, estableciendo las estaciones de muestreo según las dimensiones y topografía de los lotes a muestrear. Una buena aproximación, es establecer una estación de muestreo cada 3 hectáreas, asignándoles un código, en orden correlativo, el que identificará: la finca, el lote y el número de estación. Por ejemplo: La estación número 01 del lote 01 de la finca 01 será la muestra 010101. Figura 9

De acuerdo al número de lotes, se establecerán los grupos de muestreo, a los cuales se les programará la actividad semanal (cantidad de muestras, finca, lote, etc.); a cada grupo se le proporciona un juego de planos, de los lotes a muestrear, con las estaciones debidamente localizadas, en el correspondiente plano; así como las boletas de información de campo, etiquetas para identificar las muestras, etc.

Los grupos de muestreo, están conformados por tres personas: un encargado de grupo y dos ayudantes. El encargado deberá poseer licencia de conducir, escolaridad mínima secundaria completa y experiencia en corte de caña. Será el responsable del grupo; llenará las boletas con información de campo, preparará las tarjetas de identificación de las muestras y tomará las decisiones que estime convenientes, en el desarrollo del muestreo.

Figura: 9 Identificación de las estaciones de muestreo en un lote de caña



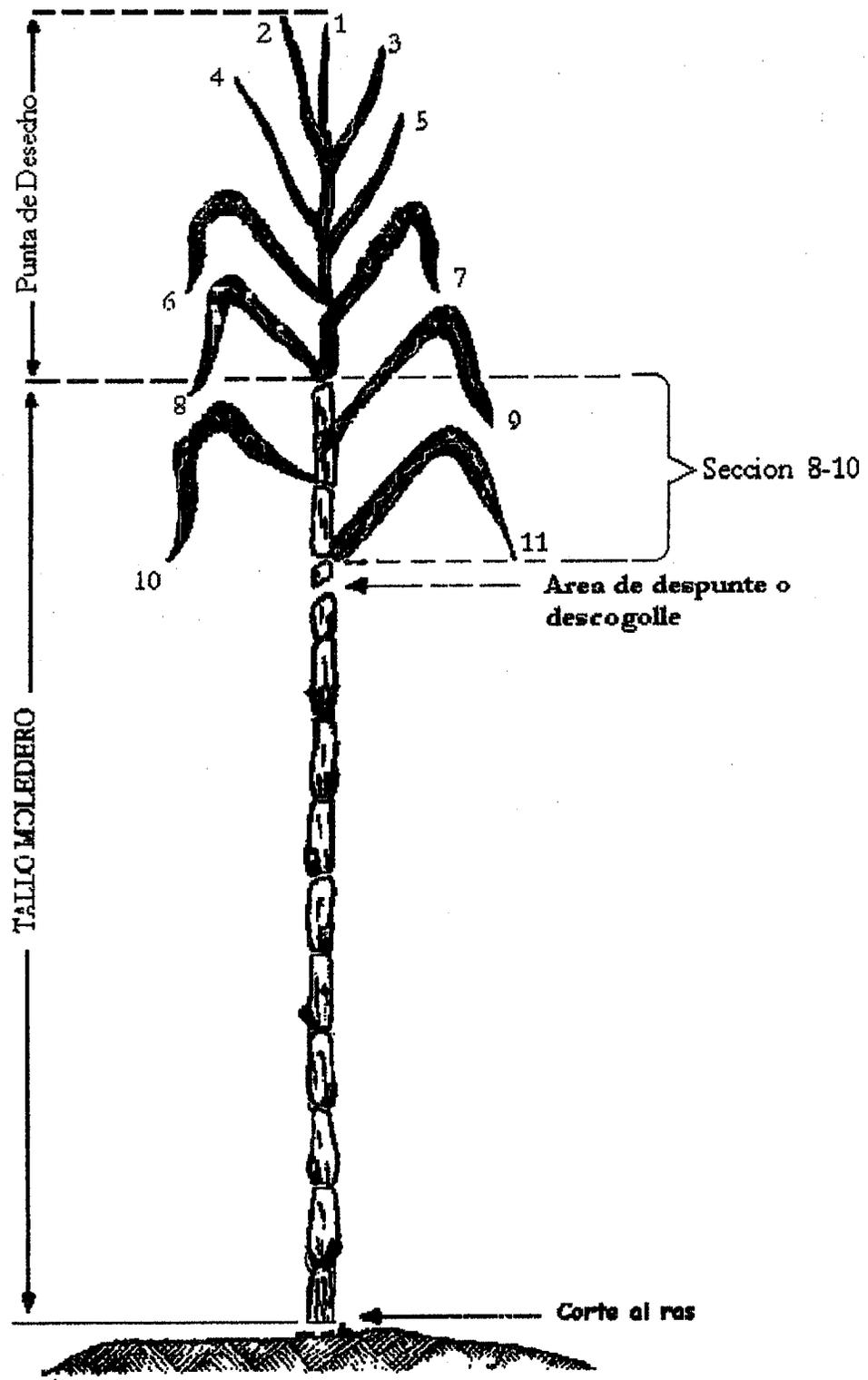
Finca:	_____		
Lote:	_____		
Variedad:	_____	Edad:	_____
Fecha de muestreo:	_____		
Grupo de muestreo:	_____		
Observaciones:	_____		

Los ayudantes establecerán e identificarán las estaciones de muestreo, luego procederán a cortar, preparar y transportar las muestras hasta el vehículo, transportarlas y colocarlas en el lugar asignado en el laboratorio. Deberán poseer experiencia en el corte a escala comercial; para poder aplicar los criterios de corte, (corte a ras, despunte adecuado, tallos limpios, selección de cañas maduras é hijos grandes aprovechables, etc.) al preparar la muestra. Figura No. 10

Ubicado, en el plano, el lugar de muestreo, se procede a localizarlo en el cañal, tomando en consideración los siguientes aspectos:

- a) Para evitar que la muestra sea influenciada por la cercanía de: sombra, caminos, rondas, zanjones, se marcará la estación de muestreo, a 50 o 60 metros dentro del cañal; en línea recta desde la orilla del mismo.
- b) Seleccionado, el punto de muestreo, se procede a identificar la estación colocando marcas, tanto en la orilla del cañal (punto de acceso al mismo), como en el lugar en el cual se obtendrá la muestra (la estación de muestreo).
- c) Las marcas deben ser permanentes para que sirvan de guía a los posteriores muestreos. Se utilizan durante todo el programa.
- d) Se procede a seleccionar, cortar y preparar la muestra para su transporte al laboratorio; previa recolección de la información de campo.

Figura 10: Ilustración de corte adecuado



3.3.3 Toma de la muestra

Al momento de obtener la muestra, el jefe de grupo, recopila la información de campo correspondiente a la estación; la que es anotada en la boleta respectiva. Es importante identificar y anotar la siguiente información:

- a) Aspecto físico: estado del cañal (deshidratado, acamado, erecto, etc.), presencia de malezas, plagas, enfermedades, humedad del suelo, etc.
- b) Por ciento de floración: se cuentan cien cañas en línea recta (mismo surco) por estación y se anota el número de ellas que presentan flor.
- c) Grado de maduración: se cuenta el total de cañas de la macolla (estación) y se determina cuantas de ellas son aprovechables; se anotan ambos números para determinar el porcentaje de cañas maduras (aprovechables).
- d) Accesibilidad al cañal: estado de caminos, puentes, distancias, etc. lo que permitirá disponer de información actualizada para la cosecha.

La muestra es preparada por los ayudantes, quienes cortan la totalidad de la macolla marcada (estación) y seleccionan los tallos molederos (cañas maduras e hijos grandes aprovechables). El corte debe ser similar al corte comercial: a ras del suelo, despunte adecuado, limpieza de los tallos, etc. Los tallos se seccionan en dos o tres pedazos, dependiendo de la longitud de los mismos, para facilitar su manejo; con estos trozos se prepara un paquete cuyo peso oscila entre 30 y 50 libras.

Se le adhiere la respectiva identificación (generalmente es una etiqueta) conteniendo toda la información: No. de finca, No. de lote, No. de estación, No. de muestra, grupo de muestreo y fecha de muestreo.

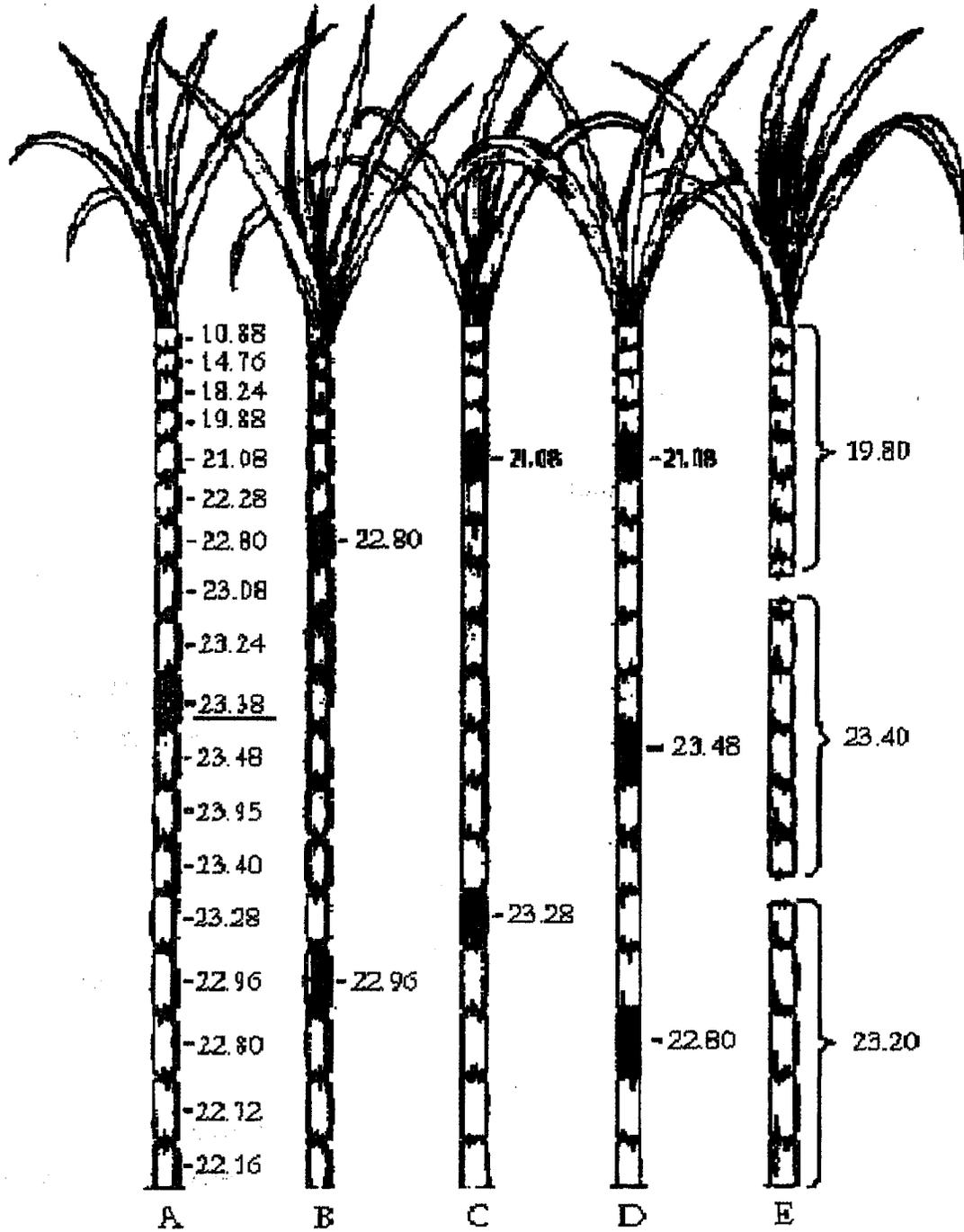
Cuando se ha completado el programa de muestreo del día, se transportan las muestras al laboratorio para su análisis. El número de muestras a recolectar, estará en función de la distancia de los lotes a muestrear; y, la hora a que deben entregarse en el laboratorio. De manera que se pueda contar con los resultados en un tiempo prudencial, entre 12 y 24 horas.

3.4 Metodología de análisis en el campo

Los primeros análisis son efectuados en el campo (cañal) al momento de recolectar las muestras. Los resultados son anotados en una boleta especialmente diseñada para el efecto.

- a) Por ciento de floración: Se anota el número de cañas floreadas de las cien cañas (tallos) seleccionados para el efecto.
- b) Por ciento de maduración: se anota el número del total de tallos de la macolla y el número de tallos molederos.
- c) Por ciento de medulación o acorchamiento: se selecciona un tallo por estación, que esté maduro, se corta completo; a continuación se corta longitudinalmente (a todo lo largo) y se cuenta el número de entrenudos (canutos), se anota ese número y el número de entrenudos que presenten medulación o corcho.
- d) Por ciento de sólidos totales (brix); si se cuenta con un refractómetro de mano, es factible determinar el brix de la muestra. Es importante definir la sección del tallo, a la cual se le determinará el brix. Ver figura 11.

Figura 11: Definición de los puntos de muestreo en el tallo de la caña



Fuente: Fors, A. Madurez de la caña de azúcar 1985

3.5 Metodología de análisis en el laboratorio

En el laboratorio es recibida la muestra y se anota su ingreso en el libro de registro diario (fecha, finca, lote, muestra, grupo de muestreo, hora de recepción, etc.). A continuación se procede a efectuar los análisis correspondientes.

Existe gran diversidad de métodos utilizados para determinar la madurez de la caña de azúcar. Todos están basados en los mismos principios, las variantes están en función de: idiosincrasia local, disponibilidad de equipo, personal capacitado, políticas empresarias, regulaciones gubernamentales, etc. Independiente del sistema utilizado, su valor dependerá de la responsabilidad y profesionalismo del personal involucrado.

Para determinar la composición del jugo; y por ende, el contenido de sacarosa de la caña, se utiliza muchos métodos y fórmulas; sin embargo, todos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- 1 Métodos basados en el análisis del jugo primario o de primera extracción; o sea aquel jugo que se obtiene en una desfibradora, el primer molino del tándem o en un molino de muestras.
- 2 Métodos de análisis directo que pueden ser de vía húmeda o de vía seca.

Ambos se detallarán en la sección de análisis de la caña antes de su proceso. Es importante enfatizar que, independientemente del método analítico que se adopte, el cálculo del azúcar recuperable de una muestra de caña, representará el azúcar recuperable de la muestra para esa fecha de muestreo y representará el contenido del lote total con mayor exactitud, en tanto sea una muestra representativa del mismo. En la medida que la muestra no sea representativa del cañal, se incrementarán las discrepancias entre los resultados del muestreo y el rendimiento obtenido en la fábrica.

3.6 Índices de maduración

En la caña de azúcar, se conoce como maduración: la máxima acumulación de sacarosa en sus tallos. Esta acumulación se inicia cuando la planta alcanza un estado de desarrollo, en el cual la producción de azúcares (carbohidratos) es mayor que el consumo, por la misma planta. Los carbohidratos son utilizados, unos en la estructura anatómica de la planta, otros en la producción de energía, mediante la respiración; y los sobrantes, sacarosa principalmente en el caso de la caña de azúcar, son translocados hacia el tallo en donde se almacenan.

Uno de los sistemas más antiguos, para determinar la madurez de la caña, ha sido el análisis de los jugos de muestras representativas, extraídos en molinos de laboratorio y posterior determinación de: brix, pol y pureza. Hasta la fecha, continua siendo de uso extendido en muchos países, con algunas variantes.

A partir de 1910, Lohr y Van Harreveld, en Indonesia (Java) iniciaron una metodología que consiste en dividir los tallos en tres secciones y analizar cada una separadamente (caso E figura 11). Este es el primer antecedente que se tiene de relacionar el brix de las tres secciones del tallo. Se definían las estaciones de muestreo y se iniciaban los análisis 3 o 4 meses antes de la zafra.

Las tres secciones eran medidas, pesadas y cortadas longitudinalmente, para observar el interior (detectar daños de plagas e insectos). A continuación se analizaban los jugos para determinar: brix, pol, pureza, rendimiento esperado, azúcares reductores (glucosa) y coeficiente de glucosa.

Entre los años 1914 y 1919, Visna Nath, en la India, realizó una serie de investigaciones químicas, que incluían análisis de sólidos totales (brix) en distintas secciones de un mismo tallo, utilizando la relación entre el contenido de sólidos totales de la parte superior del tallo y el contenido, de sólidos totales, de la parte inferior del mismo tallo, considerando el resultado como un índice de maduración de la caña.

3.6.1 Basados en el grado brix

La relación superior/inferior, del contenido de sólidos totales (brix), se popularizó tanto que en la actualidad se utiliza como índice de maduración de la caña basado en el brix. Se asume que cuando la relación superior/inferior es igual o muy cercana a la unidad (uno), la caña está en su punto óptimo de maduración. Entre los inconvenientes de este método están: la correcta selección del canuto o sección a muestrear; y, que el contenido de sólidos totales, indica la totalidad de todos los sólidos solubles presentes en el jugo, incluyendo las sales minerales; por lo tanto, no indica un nivel o grado de madurez, de la caña; únicamente el contenido de sólidos de su jugo.

En la figura 11 se nota con claridad las diferencias en los contenidos de sólidos de las distintas partes del tallo (A,B,C y D), la forma en que se seleccionaron y los promedios de los tres sectores (E). Este método se basa, en asumir que a mayor concentración de sólidos totales, corresponde una mayor concentración de sacarosa; lo cual no siempre es cierto. Esta correlación (pol/brix = pureza del jugo) está fuertemente influenciada por diversos factores: edad de la caña, floración, estado físico (sana, atacada por plagas o enfermedades, etc.), humedad del suelo, etc.

3.6.2 Basados en la relación (A.R / sacarosa) * 100

El contenido de sacarosa, expresado como un porcentaje, por comodidad se identifica como pol o por ciento de pol. La pol es la lectura que se obtiene al analizar en el polarímetro una muestra de un líquido azucarado (jugo, miel, etc.). La lectura del polarímetro coincide con el porcentaje de sacarosa presente; cuando se analiza *un peso normal* (26 gramos) del material azucarado. Pero, en nuestro medio se utilizan ambos términos como sinónimos, lo que causa mucha confusión.

Cuando se usa la relación de azúcares reductores/sacarosa, como un índice de maduración, es necesario definir de que sección de la caña se va obtener el jugo para el análisis; o sea, si se analizará el jugo de toda la caña o solo el del sector 8-10 del tallo. Porque el contenido de sacarosa aumenta desde el extremo inferior hacia el extremo superior, como una consecuencia de la síntesis de la glucosa y fructosa a medida que madura la caña, hasta alcanzar la totalidad del tallo su en pleno desarrollo.

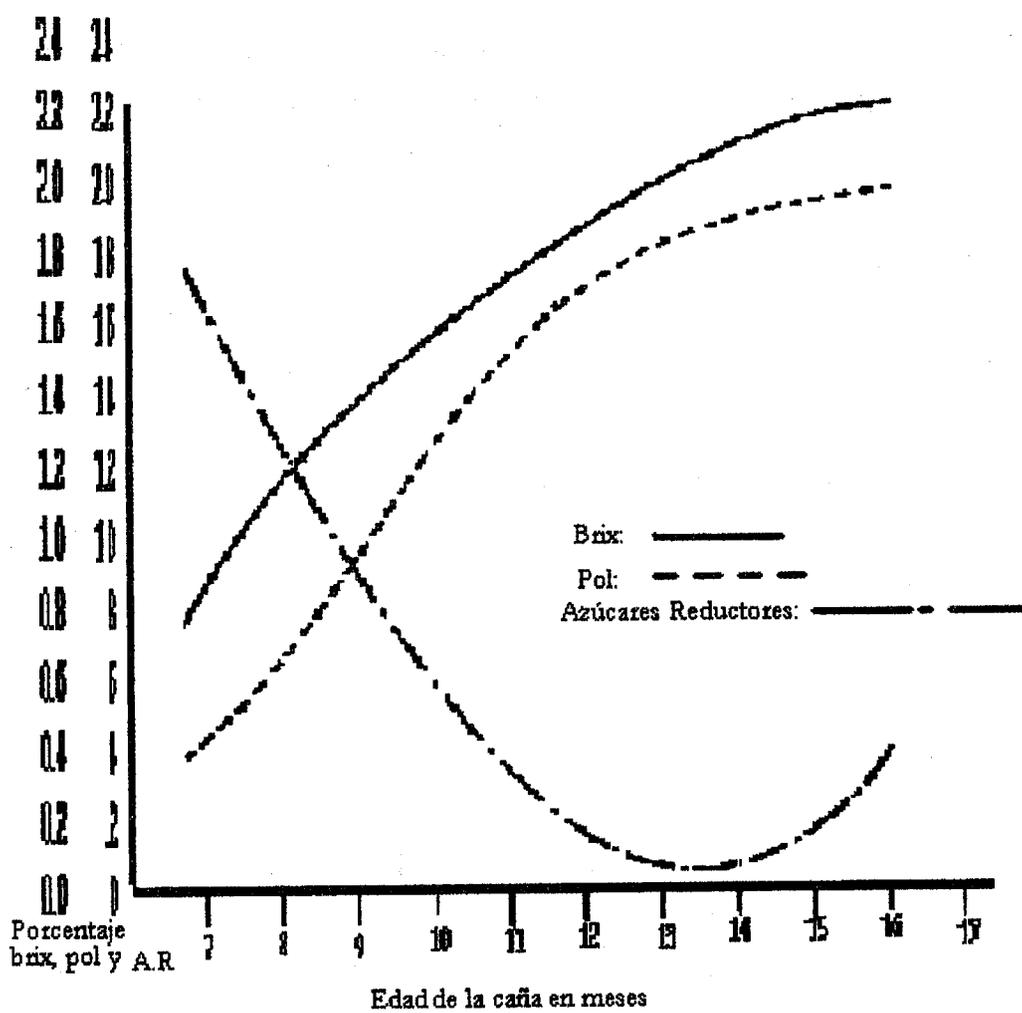
A partir de este punto, el contenido de sacarosa, en el jugo, desciende a causa del desdoblamiento de la molécula de sacarosa en dos moléculas de azúcares menores, glucosa y fructosa (los que aumentan); por la reducción de la capacidad fotosintética de la planta, que a esta edad empieza a consumir más azúcares de los que produce. Este estado de sobre madurez implica un deterioro del jugo, lo que causa problemas en el proceso de fabricación de azúcar y una marcada disminución del rendimiento, al aumentar las pérdidas de sacarosa en la miel final, entre otras causas.

En la figura 12 se puede notar, con claridad, que el punto óptimo de maduración, es aquel que coincide con la mayor separación entre las curvas: % de pol y % de azúcares reductores. Este punto señala la edad más indicada para el corte de la caña.

La combinación glucosa+fructosa es identificada como A.R (azúcar reductor). La glucosa es el primer azúcar de importancia elaborado por la caña; y de ella se sintetiza la sacarosa, independientemente de la fotosíntesis. La sacarosa también puede sintetizarse de la fructosa, pero no está bien definido el momento en que aparece la fructosa en el jugo. Si es antes de la síntesis de la sacarosa, o si se produce posteriormente por desdoblamiento (hidrólisis) de la sacarosa.

Algunos autores han acuñado el término índice de glucosa, como la relación entre el porcentaje de azúcares reductores (glucosa+fructosa) y el porcentaje de sacarosa para el jugo de las cañas muestreadas; como un indicador de la maduración de la caña; de tal forma que si su valor está en 1.5 o menos, la caña ha alcanzado su plena madurez.

Figura 12: Variación del brix, pol y azúcares reductores con la edad de la caña



Este índice debe ser manejado con mucho cuidado, ya que la presencia de glucosa en el jugo obedece a muchos factores independientes del proceso de maduración de la caña como: condiciones adversas de cultivo (sequías, heladas, lluvias fuera de época, plagas, enfermedades, etc.) ante las cuales la planta responde con un aumento de glucosa en su jugo. Similar situación se produce con el fenómeno de la floración.

La polarimetría, sistema de medición basado en la propiedad que tienen ciertas soluciones de hacer girar un determinado ángulo, un rayo de luz polarizada, al hacerlo pasar por soluciones azucaradas, es ineficaz cuando los materiales a analizar contienen otras sustancias con actividad óptica como los monosacáridos (azúcares reductores), polisacáridos (dextranas y almidones) y algunas sales minerales (cloruros, nitratos, sulfatos, fosfatos, etcetera)

En la actualidad, es posible analizar por separado, tanto la glucosa como la fructosa; así como los demás componentes del jugo, utilizando la cromatografía líquida (HPLC). A diferencia de la polarimetría, la cromatografía aísla e identifica cada componente, en forma individual, de una solución compuesta, permitiendo en un solo análisis obtener las proporciones de cada componente. Su inconveniente es el alto costo de los equipos y reactivos.

3.6.3 Basados en la sección 8-10 del tallo de la caña

El contenido de humedad de la caña, es un factor determinante en el proceso de maduración, cuando su desarrollo se produce en condiciones normales. En la búsqueda de una relación entre el contenido de humedad y el contenido de sacarosa en la caña, los investigadores han relacionado diferentes partes de la misma; en procura de datos constantes y confiables.

En Hawaii se utilizó la vaina (Yagua) de la tercera hoja abierta, relacionando la humedad, de esta vaina, con el crecimiento de la planta, adicionando análisis foliares, condiciones del clima, etc. Este método se ha utilizado en técnicas de investigación. Posteriormente se utilizaron las vainas de las hojas 8, 9 y 10; para la determinación del contenido de humedad. El mayor inconveniente de este método estriba en la variación de la humedad, en función del tiempo transcurrido desde la recolección de las muestras hasta su análisis.

El contenido de humedad, de las hojas de la sección 8-10 varía desde 85% en cañas en pleno desarrollo; pasando por rangos del 80% al 78% para cañas en proceso de maduración; hasta valores del 75%, o menos para cañas maduras.

Burr y Moir, también en Hawaii, decidieron no utilizar las hojas números 8, 9 y 10; en su defecto utilizaron los entrenudos (canutos) correspondientes, bautizando esta sección del tallo con el nombre de **Sección 8-10**. Ver figura 10. Del centro de cada entrenudo, se rebanaban delgadas rodajas, a las que se les determinaba el contenido de humedad, por desecación hasta peso constante. La ventaja, de usar esta sección, sobre las vainas, es su facilidad de manipulación; además se retiene por más tiempo la humedad, permitiendo su transporte al laboratorio sin cambios, de humedad, significativos.

Los mayores inconvenientes de este método consisten en: la dificultad de cortar todas las rodajas del mismo espesor y la presencia de medulosidad (corcho) en esta sección, fundamentalmente por el fenómeno de la floración.

El primero ha sido superado con la desintegración completa de la sección (análisis directo). Llevando a peso constante, por desecación, un peso conocido (100 gramos) del material desfibrado. El segundo es un fenómeno varietal que no es posible controlar.

La humedad de esta sección, tiene un rango más amplio, que la humedad de la vaina en condiciones normales de cultivo. Al jugo de este sector es posible determinarle: brix, pol, azúcares reductores, etc. y relacionarlos con su contenido de humedad; o relacionar la pol y los azúcares reductores del tallo completo con el contenido de humedad del este sector del tallo.

“Los niveles de humedad, de la sección 8-10, han demostrado ser extremadamente dignos de confianza como índice de madurez. Una disminución de 1% de la humedad en la sección 8-10 representa, en promedio, un aumento de 5 kilos de azúcar por tonelada de caña. Esto enfatiza el cuidado extremo que se debe tener en el control de los riegos durante el período previo al corte.” (Humbert, 1974)

El doctor Roger P. Humbert, en el ingenio Los Mochis, México; estableció la siguiente fórmula, para determinar índices de madurez y sus correlaciones con los rendimientos esperados.

$$\text{Índice de madurez} = 80 - (\text{HR}/10) + \text{Pol \% Caña}$$

H = Humedad de la sección 8 -10

R = Relación (Sacarosa/Az. Reductores) del jugo de la caña

Correlaciones entre el índice de maduración y el rendimiento esperado, en libras de azúcar por tonelada corta de la caña muestreada.

ÍNDICE CALCULADO POR LA FÓRMULA	RENDIMIENTO ESPERADO EN LIBRAS/T.C
10	140
15	160
20	200
25	230
30	250

Para efectos de comparación, se incluyen los siguientes índices de prioridad de corte utilizados en otros países.

- I. Índice de prioridad = $RT/H \times AR$
- II. Índice de prioridad = $S \times P$
- III. Índice de prioridad = $(S \times P)/H$

RT = Rendimiento teórico (esperado)

H = Humedad del sector 8-10

AR = % Azúcares reductores del jugo de la caña

S = % de sacarosa en el jugo de la caña

P = Pureza del jugo de la caña

La prioridad de los cortes es una función directa del valor numérico del índice obtenido de la aplicación de las fórmulas. Es decir, un número mayor de índice, implica una prioridad mayor de corte.

3.6.4 Basados en la relación sacarosa / fibra

Las relaciones % de sacarosa / % de fibra, son muy útiles para darle seguimiento a la variación de la cantidad de jugo, producida por una maduración forzada (uso maduradores). Estas relaciones son independientes del cambio, en la concentración del jugo, como consecuencia de la evaporación. La relación sacarosa/fibra aumenta en forma considerable en el período anterior al corte, cuando se alargan los intervalos entre riegos; o hay ausencia de lluvias ocasionales. Este aumento es debido a la continuación de la fotosíntesis después que se ha reducido, en forma ostensible, el desarrollo de la planta; así como, por conversión de los azúcares reductores en sacarosa.

3.6.5 Basados en el rendimiento probable

Por el tremendo impacto que produce en: las operaciones del ingenio, el pago a los proveedores, los planes y programas de cosecha, investigación y desarrollo, programas de renovación de variedades y cultivos, etc. el rendimiento esperado o probable de la caña, expresado como un índice de su calidad; es de fundamental importancia contar con la mejor metodología y los instrumentos mas adecuados para su correcta determinación.

El concepto del rendimiento esperado, es uno de los más utilizados para establecer prioridades de cosecha. La forma de calcularlo ha variado a lo largo de la historia; pero fundamentalmente, se ha basado en el contenido de sacarosa del jugo y su pureza. Posteriormente, con el desarrollo de la tecnología, se le han adicionado otros parámetros.

En el siguiente capítulo se detallará el cálculo, del rendimiento esperado, utilizando diferentes fórmulas en situaciones reales de ingenios, tanto nacionales como extranjeros.

3.7 Criterios para el manejo de los datos

Independientemente del índice o criterio a utilizar, para priorizar la cosecha, se debe considerar los siguientes aspectos:

- a)** El resultado de los análisis, de las muestras tomadas en cada una de las estaciones de cada lote, para la fecha en que fue muestreado, se deberá promediar, para obtener la información del estado de madurez de ese lote y en esa fecha.
- b)** Como en todo ser vivo, en la caña, las propiedades y características cambian cada día; por lo que carece de sentido promediar los resultados de diferentes fechas, ya que un promedio los distorsionaría perdiéndose la información recopilada; la cual es válida solo para la fecha en que fue obtenida.
- c)** La información de laboratorio debe ser acompañada de la información de campo pertinente, en reportes que describan una biografía del cañal. Una descripción del proceso de siembra, crecimiento, desarrollo y maduración detallado; permite, en cualquier momento, visualizar el desarrollo, madurez, estado físico, etc. del cañal, facilitando la toma de decisiones para su cosecha.
- d)** La información de campo más relevante será: número de finca, número de lote, variedad de la caña, edad o fecha de siembra, número de rebrote o número de corte anterior, labores de cultivo aplicadas (fertilización, limpias, riego, etc.), condiciones del suelo y la información del estado físico del cañal, recopilada al momento del muestreo.

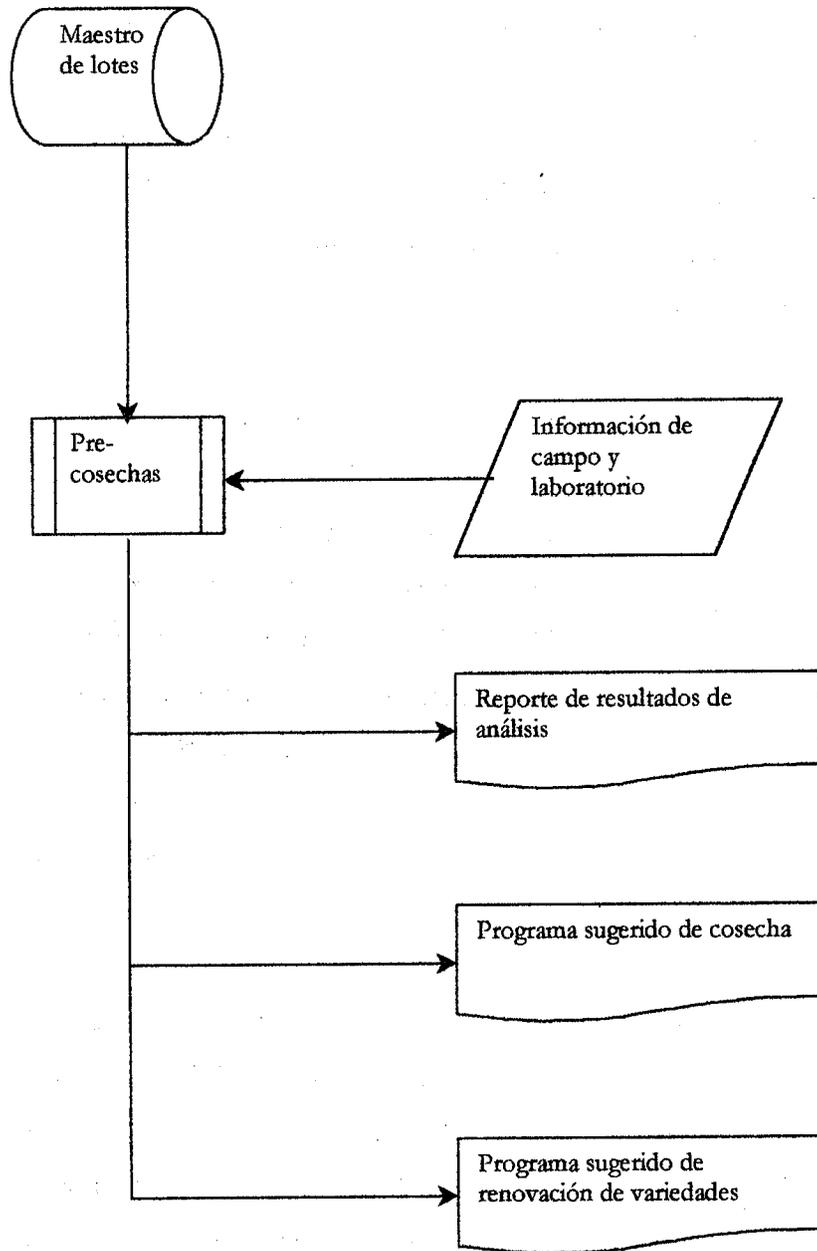
3.8 Datos para elaboración de reportes

En la actualidad es fácil elaborar los reportes utilizando medios electrónicos, para lo cual es necesario preparar una adecuada codificación, que incluya la totalidad de los parámetros necesarios para disponer de la mejor información. Es fundamental diseñar las bases de datos relacionales, que contengan toda la metodología de cálculo de la información recibida; de tal manera, que sea posible ingresar los datos originales desde cualquier lugar y por cualquier dispositivo. De esta forma se reduce la probabilidad de error humano en la ejecución de los cálculos numéricos; por supuesto que es necesario asegurar que el ingreso de los datos sea lo más fiel a los originales que sea posible, incluyendo las adecuadas validaciones. A continuación, a modo de ejemplo, se listan los datos más importantes.

- A. Número de la finca
- B. Número del lote
- C. Fecha de muestreo
- D. Código de grupo de muestreo
- E. Número de estación de muestreo
- F. Código de estado físico del cañal
- G. Número de cañas con flor
- H. Número de entrenudos total y con médula
- I. Resultados de análisis de laboratorio

El programa deberá contener un archivo maestro de lotes que automáticamente, genere la información complementaria para cada lote muestreado; o sea, la información sobre: variedad, edad, ciclo de corte (plantilla o soca), labores aplicadas, récord histórico de todos los análisis efectuados desde el inicio del cultivo; así como de su rendimiento real (de fábrica), etc.; de tal manera que sea capaz de emitir; además del reporte de resultados de los análisis, programas sugeridos de cosecha y de prioridades de renovación. Figura 13.

Figura 13: Diagrama de flujo, sugerido



4. ANTES DEL PROCESO

Desde hace mucho tiempo, se sabe que las puntas y hojas de las plantas de caña de azúcar, reducen la recuperación de azúcar (en la fábrica), cuando son molidas junto a los tallos de caña. Hasta hace relativamente poco tiempo, la basura era eliminada en su totalidad en el campo; además, los tallos eran correctamente despuntados, lo que redundaba en jugos de mejor calidad. En las dos últimas décadas de este siglo, la demanda de azúcar ha aumentado, en unos tres millones de toneladas anuales, el rendimiento del corte manual; en términos de toneladas de caña cortadas por hombre y por día, ha llegado a ser el factor determinante para satisfacer la creciente necesidad diaria, de caña, de los ingenios.

La calidad del corte bajó rápidamente en muchos países, con la consiguiente reducción de calidad de la caña, al acentuarse el aumento de puntas, hojas, cepas y basura en la caña entregada al ingenio; como una consecuencia directa la mecanización de la cosecha.

“El hecho de procesar fibra extra, sin azúcar adicional, se ha traducido en una marcada reducción en las recuperaciones de fábrica. Al moler caña con un 10% de basura, se baja el rendimiento entre 16% y 17%; manteniendo la extracción razonablemente constante.” (Humbert, 1979).

En el apéndice se presenta información pertinente con respecto del control de la calidad, en el corte manual, con la nueva tecnología diseñada para el alce mecánico de la caña

4.1 Recepción de la caña

El cumplimiento de las características externas de calidad, de la caña de azúcar, es determinado en el momento de la recepción en el ingenio: fresca, madura, limpia (sin cepas, hojas, puntas, hijos tiernos, tierra, piedras, etc.), sana, sin presencia de hongos, enfermedades, daño de plagas, ni carbonizada (por la severidad de la quema), etc. A continuación se procede al muestreo aleatorio para el correspondiente análisis (determinación de características internas de calidad).

4.2 Muestreo y control de la caña recibida

Una de las operaciones más complejas, en el proceso de producción de azúcar, es la recepción y aceptación de la caña en el ingenio; por los muchos factores (intereses) que se ven involucrados: cuotas de proveedores, estado de la caña, políticas de recepción poco claras (indefinición de la responsabilidad en la recepción), personal poco calificado a cargo de la operación, defensa de intereses particulares (fábrica, campo, transporte, etc.).

Los datos de atributos o características de calidad, de la caña, solo asumen dos valores: buena o mala; es decir, se acepta o se rechaza. Con frecuencia los atributos son susceptibles de medición (brix, pol, rendimiento, etc.), en otros casos solo es posible observarlos (ataque de plagas, presencia de enfermedades, deshidratación, tiempo de cortada, etc.)

Es necesario definir con claridad el procedimiento de control de la recepción, muestreo y análisis de la caña recibida; a manera de tener información veraz y confiable de la calidad y cantidad, de la caña que se recibe cada día, de cada proveedor.

Entre los factores a considerar, para un eficaz muestreo, están:

4.2.1 Homogeneidad de la muestra

Se deben escoger las muestras tan homogéneas como sea posible, para que cada una de ellas refleje, de la mejor manera, las características de calidad presentes en toda la caña que se recibe.

4.2.2 Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra es un segundo asunto crítico. Lo mejor es tener un tamaño pequeño, para evitar la probabilidad de variación significativa, dentro de la muestra. Además, el costo del muestreo se reduce y se facilita la manipulación de las muestras.

4.2.3 Frecuencia del muestreo

El tercer punto importante es la frecuencia del muestreo. Lo ideal sería tener muestras grandes y frecuentes; pero, esto no es práctico ni económico. Las muestras deben ser lo suficientemente cercanas entre sí para poder detectar cambios en las características de calidad, lo más pronto posible. Sin embargo, no deben ser tan frecuentes que el costo del muestreo supere los beneficios esperados. Esta decisión dependerá de las políticas de la empresa y de los recursos físicos y humanos con que cuente. Es posible que desde la báscula, al momento de pesar el ingreso de la caña, el programa defina que unidades, de transporte, deben ser muestreadas y lo indique, con un código, en la identificación (etiqueta, recibo, nota, etc.) que se entrega en el patio de caña.

Para determinar el contenido de sacarosa recuperable que contiene la caña, se utilizan muchos métodos y fórmulas; sin embargo, todos pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- A. Métodos basados en el análisis del **jugo primario o de primera extracción**; o sea aquel que se obtiene en una desmenuzadora, el primer molino del tándem o un molino de muestras.

- B. Métodos de **análisis directo** de la caña.

Los métodos basados en el jugo de primera extracción (Primario), han sido los más utilizados y consisten en tomar una muestra del jugo extraído por: una desmenuzadora, el primer molino del tandem o un molino de muestras. A esta muestra de jugo, se le determina el porcentaje de sólidos solubles (brix) y el porcentaje de sacarosa (Pol), a partir de esta información se calcula un rendimiento teórico o sea el porcentaje, en caña, del azúcar comercial que esa caña es capaz de producir; pero sin tener en cuenta la polarización (contenido de sacarosa) del azúcar, la calidad del jugo, presencia de materia extraña, contenido de fibra y estado físico de la caña, etc.

$$\text{Rendimiento (R\%)} = (\text{Peso de azúcar recuperable} / \text{Peso caña}) \times 100$$

Históricamente se ha insistido y abundado en las dificultades que se presentan al proceder a la determinación exacta del contenido de sacarosa de una muestra de caña, por las múltiples implicaciones que conlleva: muestreo defectuoso, manipuleo de los datos, políticas institucionales, dificultad del proceso, etc.

En la actualidad, el desarrollo de la tecnología, permite lograr resultados más cercanos a la verdad; pero como todo proceso que involucra la participación humana, tiene un alto grado de incertidumbre. Los sistemas mecanizados y automatizados de muestreo y análisis han reducido, considerablemente las fuentes de error atribuidas al factor humano.

4.3 Antecedentes del análisis de la caña

a) Análisis del jugo primario

Posiblemente uno de los procedimientos de mayor antigüedad, es el que se describe en el capítulo XI del libro: "A manual of sugar analysis" de J. H. Tucker.

Por la dificultad de obtener una muestra representativa de la caña completa, así como la variación en el contenido de azúcar, de cada una de sus partes, sobre todo en los nudos; es necesario tomar tres porciones (canutos o entrenudos) de la caña, una de la base, otro del medio y una de la parte superior. Se deja un nudo en un extremo de cada porción. Se corta en forma longitudinal (en dos mitades) cada sección y se somete a prensado en una prensa de dos rodillos metálicos (molinito). Se empapa en agua caliente la caña prensada y se vuelve a prensar; esta operación debe repetirse dos o tres veces, con el propósito de extraer la mayor cantidad posible de azúcar. El jugo obtenido será diluido en una proporción conveniente para los cálculos posteriores.

Por ejemplo: si se utiliza el polarímetro Vetzke-Schiebler para determinar el contenido de sacarosa de una muestra de caña, se pesan ocho veces el valor de un peso normal; es decir, 208.4 gramos de caña; los que luego de pesados y rajados, son prensados, empapados con agua caliente y vueltos a prensar, hasta obtener 380 c.c de jugo. Este, por conveniencia, es diluido a 400 c.c después de haberle adicionado solución de sub-acetato de plomo.

Se agita, filtra y polariza; si la lectura del polarímetro es 32; entonces, como se partió de un peso que es 8 veces el peso normal, se divide la lectura obtenida entre 8 ($32/8 = 4$). Dado que dilución fue a 400 c.c, no a 100 c.c, el resultado debe ser multiplicado por 4; de tal forma que el resultado es 16, éste es el porcentaje de sacarosa (azúcar) en la muestra analizada.

El azúcar también puede ser estimado por extracción con alcohol de una muestra de caña previamente sometida a desecación. El procedimiento, en detalle, se describe en la página 180 (del manual citado).

El azúcar, en la caña, puede ser determinado en forma más rápida, utilizando el método Ventzke, el cual no utiliza la pesada (de la caña). Este método utiliza la densidad del jugo, obtenida de la gravedad específica, en la tabla de la página 116; a partir del brix; y, calculando el porcentaje de azúcar utilizando una de las siguientes fórmulas:

$$\text{A. } S = (P \times 0.2605) / D$$

$$\text{B. } S = (P \times 0.1619) / D$$

$$\text{C. } S = (P \times 0.1500) / D$$

En las cuales: P corresponde a la polarización del jugo, D es la densidad y S es el porcentaje de sacarosa. La fórmula A, se utiliza cuando se polarizó el jugo en un polarímetro Ventzke- Scheibler; la fórmula B, si se utilizó un polarímetro Soleil-Dubosq; y, la fórmula C para los polarímetros cuyo peso normal es de 15 gramos.

Ejemplo: Para una caña cuyo jugo tiene un grado brix de 10 (gravedad específica 1.04). Se agregan 3 c.c de solución de sub-acetato de plomo, para completar los 100 c.c; se agita, filtra y polariza.

La lectura del polarímetro es 32. Se corrige la lectura por volumen; de tal forma que sean considerados los 3 c.c adicionados.

Por lo tanto, la lectura corregida será: $32 + 0.96(\text{el } 3\% \text{ de } 32) = 32.96$. Aplicando la fórmula A tendremos: $S = (32.96 \times 0.2605)/1.04 = 8.25 \text{ Sac. \% en el jugo de la caña.}$

En 1899, en Australia, se introdujo la llamada fórmula C.C.S (Comercial Cane Sugar). Desde su introducción ha sido modificada ocasionalmente. La fórmula original es:

$$\text{C.C.S} = \text{Pol \% Caña} - (\text{Impurezas \% Caña})/2$$

En la cual impurezas % caña = brix % caña - pol % caña (o sea, no-pol en caña)

$$\text{Brix \% caña} = \text{Brix \% Jugo } 1^{\text{a}} \text{ extracción} \times ((100 - (\text{Fibra} + 3))/100)$$

$$\text{Pol \% caña} = \text{Pol \% Jugo } 1^{\text{a}} \text{ extracción} \times ((100 - (\text{fibra} + 5))/100)$$

“Las letras C.C.S representan la frase Azúcar de Caña Comercial (Comercial Cane Sugar), término que no significa nada y que es meramente un nombre. En realidad, C.C.S es una estimación de la sacarosa recuperable de la caña, con base en el primer jugo exprimido de la caña, un atribuido contenido de fibra y una simple fórmula de recuperación”. (Price, 1988)

En esta fórmula es importante notar que se utiliza la expresión pol % caña, como sinónimo de sacarosa % caña.

Pol % (caña o jugo) se refiere a la lectura del polarímetro al analizar un material azucarado. Sac % (caña o jugo) es el porcentaje, en peso, de la sacarosa presente en una muestra; el cual es calculado u obtenido de una tabla, por ejemplo la tabla de expansión de Schmitz, a partir de la lectura del polarímetro y del brix corregido por temperatura; o bien, calculado, utilizando los factores de la tabla del Dr. Hans G. Sorensen.

Por ejemplo: calcular cual es el porcentaje de sacarosa de un jugo de caña que tenga un brix corregido de 16 y que de una lectura polarimétrica (pol) de 32.

a) Usando la tabla del Dr. Sorensen:

$$\% \text{ sac.} = (\text{Factor} \times \text{pol} \times \text{brix})/100 = (1.5296 \times 32 \times 16)/100 = 7.82$$

b) Utilizando la tabla No. 25 (Meade-Chen, 1991); fila 32 (pol) y columna 16 (brix); se encuentra el valor de 7.82 para el porcentaje de sacarosa.

Para calcular el C.C.S de una muestra de caña cuyo jugo de primera extracción tiene la siguiente composición:

% sacarosa = 16; % brix = 18; % fibra = 13.5; se procede de la manera siguiente:

$$\text{Brix \% en caña} = 18 \times ((100 - (13.5 + 3))/100) = 15.03$$

$$\text{Sacarosa \% caña} = 16 \times ((100 - (13.5 + 5))/100) = 13.04$$

$$\text{Impureza \% caña (no-pol)} = (15.03 - 13.04)/2 = 0.995$$

Aplicando la fórmula tenemos:

$$\text{C.C.S} = 13.04 - 0.995 = 12.045$$

Otra fórmula que ha sido muy utilizada es la llamada "Fórmula de Spencer y Meade", la cual se expresa así:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \text{Sacarosa \% Jugo 1}^{\text{a}} \text{ Exp.} - 0.3(\text{Brix \% Jugo 1}^{\text{a}} \text{ Exp.})$$

Al calcular el rendimiento de la caña del caso anterior, utilizando la fórmula de Sprencher y Meade, se obtiene:

$$\text{Rendimiento (\%)} = 16 - 0.3 \times 18 = 10.60$$

Aquí es posible visualizar una significativa diferencia; ya que en la fórmula Australiana, se toma en cuenta el contenido de fibra de la caña (calidad); en tanto que en la fórmula de Spencer no.

Una muy buena utilización de esta última fórmula es la llamada "Fórmula de Fajardo"

$$\text{Rendimiento teórico} = \text{Pol} - 0.3\text{Brix del jugo de 1}^{\text{a}} \text{ extracción}$$

Esta fórmula se estableció para calcular un rendimiento esperado en azúcar de 96 de polarización, lo que permite hacer comparaciones y priorizar los cortes de las cañas de los lotes.

4.4 Cálculo del rendimiento probable

En la fábrica se relaciona el azúcar teóricamente recuperable del jugo analizado con la totalidad de la caña molida para calcular el rendimiento esperado; y se expresa así:

$$\text{RENDIMIENTO} = \frac{\text{PESO DE AZUCAR RECUPERABLE}}{\text{PESO DE CAÑA}} \times 100 \times \text{F.P}$$

$$\text{F.P} = \text{Factor de Pol} = 96 / \text{Pol del azúcar comercial}$$

Para convertir este rendimiento teórico en un rendimiento comercial, se utilizan factores de conversión, que correlacionan los porcentajes de sólidos y sacarosa (brix y pol) determinados en el jugo de la fábrica (jugo normal), con los datos del jugo de primera extracción. En algunas situaciones se convierte el rendimiento teórico en rendimiento comercial utilizando un factor de conversión (factor de liquidación).

$$\text{RENDIMIENTO COMERCIAL} = \text{REND. TEÓRICO} * \text{FACTOR DE FÁBRICA}$$

$$\text{Factor de Fábrica} = \frac{\text{Toneladas de azúcar producidas}}{\text{Toneladas de azúcar teóricas (esperadas)}}$$

Este factor oscila entre 0.85 y 1.00; en algunas regiones lo fijan en 0.96

Este sistema se ha utilizado para el pago de los proveedores en Puerto Rico (ver documento al final del apéndice) y otros países, por la facilidad de obtención de la muestra de jugo. Ha sido muy utilizado en Guatemala, a partir de muestras de jugo obtenidas en el primer molino del tándem.

Las desventajas de los métodos basados en el Jugo de Primera Extracción son:

1. El brix, sacarosa y pureza del jugo primario, dependen del porcentaje de jugo extraído; o sea, dependen de las características del molino utilizado: presión, diseño, ajuste, etc.
2. No se toma en cuenta el efecto del contenido de fibra de la caña en la extracción y cálculo del azúcar recuperable.
3. No toma en cuenta las pérdidas por deficiencias en la fábrica, ni por el deterioro de la caña.

b) Métodos de análisis directo

Dos metodologías, de análisis directo, han sido implementadas para fines de investigación y evaluación química, de la caña de azúcar.

➤ Por vía húmeda

El método vía húmeda, se desintegra totalmente una muestra de peso conocido de caña juntamente con una cantidad conocida de agua, utilizando una licuadora industrial, (por lo que se le conoce también como método de la licuadora); luego se analiza el componente líquido para determinar brix, pol y pureza. En el remanente sólido, se analiza el contenido de fibra de la muestra (por desecación hasta peso constante, previas lavadas con agua caliente, para eliminación del azúcar).

El análisis directo por vía húmeda, ha sido adoptado en países como Colombia y Africa del Sur, para obtener información de la composición de la caña, especialmente sobre: fibra % caña, sacarosa % caña y brix % caña

En Africa del Sur, el azúcar recuperable estimado (ARE), se calcula con la fórmula de Van-Hengel: **S** (sacarosa % caña), **N** (No-Pol) y **F** (fibra % caña).

$$\text{A.R.E \% Caña} = aS - bN - cF$$

En donde a, b y c son factores relacionados con las pérdidas de sacarosa, teniendo en cuenta los efectos, de las sustancias no-pol y el contenido de fibra de la caña, que provocan en la recuperación de un determinado tipo de azúcar comercial.

El factor “a”, está basado en las pérdidas de sacarosa en la cachaza y en las pérdidas indeterminadas. De tal manera, si se tiene una pérdida en la cachaza e indeterminadas de 1%; y, asumiendo que no existieran pérdidas en el bagazo, ni en la miel final; la fábrica dispondría del 99%, de la sacarosa original, para la cristalización.

El factor “b”, está basado en la relación de sacarosa perdida en la miel final, con respecto del contenido de no-pol en la misma.

El factor “c”, está basado en la relación del contenido de sacarosa en el bagazo (pérdida en bagazo), con respecto del contenido de fibra en la caña.

De un estudio de la eficiencia promedio real de todos los ingenios, de Africa del Sur, realizado durante 10 años; para una azúcar estándar de 98.7 Pol. Van-Hengel estableció la fórmula para calcular el rendimiento estimado, basada en factores empíricos que logró determinar.

Los valores de los factores determinados en el estudio son:

$$a = 1, \quad b = 0.485 \quad y \quad c = 1/8.5.$$

De tal manera que la fórmula queda establecida de la manera siguiente:

$$\text{A.R.E \% Caña} = S - 0.485N - (F/8.5)$$

Por ejemplo si queremos determinar el azúcar recuperable, utilizando la fórmula: $\text{A.R.E \% Caña} = S - 0.485N - F/8.5$; para la misma caña de los ejemplos anteriores, tendremos:

$$\text{A.R.E \% Caña} = 13.04 - (0.485 \cdot 0.995) - (13.5/8.5) = 11.33$$

Como se indicó, todos los resultados están expresados en porcentaje, para convertirlos a libras de azúcar/tonelada corta de caña, basta multiplicarlos por 20. De tal manera, que: $11.33 \cdot 20 = 226.6$ Libras de azúcar/tonelada corta de caña

➤ **Por vía seca**

Se toma una muestra de caña y se desintegra en seco en una desfibradora o molino de martillos; luego se toma una sub-muestra de peso conocido y se somete a una extracción por medio de una prensa hidráulica a una presión y por un tiempo previamente establecidos. A la fase líquida (jugo) se le determina: peso, brix, pol y pureza; en tanto que a la fase sólida (bagazo) se le determina: peso, por ciento de humedad y pol. A partir de estos datos se calcula: fibra % caña, brix % caña, sacarosa % caña y rendimiento teórico.

En forma independiente, en Hawaii y Luisiana, se creó el método de muestreo mecánico (Core Sampler). El equipo consiste en un tubo rotatorio de 10 a 8 pulgadas (25.4 a 20.3 centímetros) de diámetro, que posee una cierra circular en el extremo libre y perfora, en algunos casos en forma horizontal y en otros en forma inclinada a 50° ó 45° la carga de caña que transporta un vehículo. Los de tipo horizontal penetran en la carga, a 200 RPM, en forma lateral; en tanto que los de tipo inclinado, la penetran por la parte superior, a 550 RPM.

Con este sistema se obtiene una muestra de aproximadamente 15 kilos (33 libras). Los equipos actuales traen incorporado un desintegrador y un sub-muestreador; de tal manera, que se obtiene, sin la intervención de la mano del hombre, una sub-muestra por cada unidad muestreada, de aproximadamente 500 gramos (1.1 libra).

En ingenios que cuentan con un muestreador mecánico (Core Sampler), la toma de la muestra, preparación, selección de la sub-muestra y prensado de la misma, son operaciones integradas en el mismo equipo.

Posteriormente se pesa una parte de la sub-muestra (100 gramos) y se somete a prensado en una prensa hidráulica. Las fases sólida y líquida son analizadas, por separado, para ingresar los datos originales al computador en donde se realizan los cálculos pertinentes y se elaboran los reportes. Siendo necesario determinar, en función de las condiciones de proceso: presión y tiempo de prensado, equipo y metodologías para pesaje y análisis de las dos partes obtenidas (torta de bagazo y jugo).

La ventaja del método directo estriba en posibilidad de conocer la composición de la caña y su rendimiento esperado, sin necesidad de incorporar factores de fábrica en los cálculos.

Estos últimos relacionan las características de calidad de la caña con las condiciones de proceso; por lo que determinan un probable rendimiento de esa caña, para esa fábrica específica. La independencia de los factores de fábrica, en los cálculos del método directo, permite los trabajos de investigación de campo, para una eficaz cosecha de la caña.

4.5 Determinación de pol % caña

A partir de las dos fases, en que se dividió la sub-muestra, sólida (bagazo) y líquida (jugo), es posible determinar la composición de la caña. La determinación del grado brix del jugo se puede hacer por hidrómetro o por refractómetro digital y luego se corrige por temperatura. En tanto que la determinación del porcentaje de sacarosa se hace por polarímetro (óptico o digital), por HPLC, NIR, etc. Tanto el porcentaje de jugo como de bagazo, se determina por métodos gravimétricos (pesada); el contenido de humedad del bagazo, también es factible determinarlo por pesadas sucesivas hasta peso constante.

A partir de esta información se determina el pol % jugo y el pol % bagazo (se usa el término pol como sinónimo de sacarosa); la suma de ambas cantidades da el contenido (porcentaje) de pol (sacarosa) en la caña. Para determinar un rendimiento probable o esperado, para un ingenio específico, es necesario incluir los correspondientes factores.

La determinación del porcentaje de sacarosa, en el jugo, se efectúa por alguno de los métodos conocidos; pero, dado el grado de avance de la tecnología que ya se utiliza en el país, es factible incorporar en el computador, un programa que efectúe los cálculos pertinentes, a partir de las lecturas del polarímetro.

De la misma forma se determina el porcentaje de sacarosa en el bagazo; como se conoce la composición porcentual de la caña (% de jugo y % de bagazo), basta con sumar la sacarosa presente en ambos componentes, para obtener el porcentaje de sacarosa en caña.

El contenido de fibra en caña, se determina a partir de: la pureza del jugo, la humedad del bagazo, el porcentaje de sacarosa en bagazo y el porcentaje de bagazo en caña. Se asume que la pureza del jugo remanente en el bagazo es igual a la pureza del jugo extraído; por lo tanto, al multiplicar la pureza del jugo por el pol (sacarosa) del bagazo, obtenemos el brix del jugo remanente en el bagazo (sólidos solubles totales). El bagazo, al igual que la caña, está compuesto por: sólidos solubles, sólidos insolubles (fibra) y agua. Por lo que, si restamos de 100 (100%) la humedad (que es un porcentaje) y el brix (otro porcentaje), quedan los sólidos insolubles (fibra % bagazo). Si multiplicamos el porcentaje de fibra en el bagazo por el porcentaje de bagazo en la caña, obtenemos, en forma indirecta, el porcentaje de fibra en la caña.

5. CÁLCULO DE FACTORES

La determinación del rendimiento esperado, de la caña de azúcar recibida, es un proceso que se inicia en el momento de la selección de la muestra, de la caña, a su arribo al ingenio. A continuación se procede a la obtención del jugo, por el medio mecánico de que se disponga, para su posterior análisis y cálculo. Para ello es necesario proceder al cálculo previo de los factores que afectan los valores de los resultados.

5.1 Factor de Brix

Es el factor que permite convertir el brix del jugo de primera extracción en brix de jugo normal; el cual se utilizará para calcular el rendimiento probable. Para el inicio de la zafra, se considera un factor del día cero (0) y se utiliza el factor que correspondió a esa fecha en la zafra anterior. Al finalizar el día uno de zafra, 24 horas de actividad, se inicia el nuevo día (día dos de zafra) calculando en factor para ese día de la manera siguiente: se obtiene un promedio ponderado del brix sin corregir, de toda la caña recibida el día que finaliza (anterior o día uno).

Para ello se multiplica el brix promedio (ponderado por viaje analizado) de cada proveedor por el total de su caña entregada, luego se suman todos los resultados; ese total de toneladas de brix (sin corregir), se divide entre el total de toneladas de caña recibidas en el día; de tal manera que se obtiene un promedio ponderado del brix, sin corregir, de todo el día. El factor de brix, para el siguiente día, resulta de dividir el brix normal de la fábrica (de ese día) entre el brix promedio de toda la caña recibida.

Para reducir las discrepancias entre los resultados de un día para otro, se utiliza, para el siguiente día, el promedio aritmético de los últimos seis días.

El día dos se utiliza el promedio, que resulta de sumar el factor del día uno y el resultado del cálculo para el día dos; luego, esa suma se divide entre dos. El día tres el promedio de los tres valores (día uno, día dos y calculado para día tres), hasta alcanzar el día siete.

El séptimo día se elimina el primer valor utilizado (día uno) y se incorpora el valor calculado para el día siete, la suma se divide entre seis; y así sucesivamente, se va incorporando en nuevo valor y eliminando el más viejo, hasta finalizar la zafra.

5.2 Factor de sacarosa

Es el factor que permite convertir el porcentaje de sacarosa del jugo de primera extracción en porcentaje de sacarosa del jugo normal. Su cálculo es similar al cálculo del factor de brix; solo que se utiliza el porcentaje de sacarosa (no la lectura del polarímetro) en la determinación del mismo. También se utiliza el promedio de los últimos seis días. Conocidos los valores del brix y la sacarosa, del jugo normal, se procede a determinar su pureza aparente, por división de la sacarosa entre el brix.

5.3 Factor de Rendimiento (FR)

Es aquel que relaciona el rendimiento de la fábrica para un período específico, de preferencia en una fecha similar a la que se está calculando (semana, quincena, mes, etc.). Este resulta de dividir toda el azúcar producido en ese período, en toneladas base 100 de pol, entre toda la caña molida, en toneladas, para el mismo período; y dividido entre el porcentaje de sacarosa del jugo normal promedio, que procesó la fábrica durante el período considerado. Multiplicado por 2,000 para obtener el resultado en libras/tonelada de caña (rendimiento promedio real del período).

$$\text{FR} = (\text{Ton. azúcar} / \text{Ton. caña molida} * 2,000) / \% \text{ Sac. jugo N. fábrica}$$

5.4 Sacarosa % jugo normal de la muestra (SJNM)

Resulta de multiplicar Sac % Jugo de primera expresión o primario, de la muestra de caña recibida, por el factor de sacarosa calculado para el día de zafra analizado.

$$\text{SJNM} = \text{Sac \% Jugo primario muestra} * \text{Factor de sacarosa del día}$$

5.5 Factor de retención teórica (FRT)

Sobre la base de la experiencia obtenida en Java se definió una fórmula, con mucha aceptación en el mundo azucarero, conocida como: fórmula de Winter & Carp. Winter determinó, experimentalmente en Java que cada parte de no-pol (no-sacarosa), retenía 0.4 partes de sacarosa en las mieles finales; a partir de esta relación, para mieles finales de 28.57 de pureza y azúcar de 100 de polarización, definió la fórmula, que para un jugo de pureza "P", se expresa así:

$$\text{Retención Teórica o W\&C} = 1.4 - (40/P)$$

Luego se calcula el FRT al dividir W&C del jugo promedio del proveedor, entre el W&C del jugo promedio de toda la caña recibida en el período.

De esta manera es incorporada la pureza (calidad) del jugo de la caña que se está analizando, al cálculo del rendimiento esperado.

$$\text{FRT} = \text{W\&C jugo muestra} / \text{W\&C jugo total}$$

5.6 Factor de jugo % caña (FJC)

La materia prima de la fábrica es el jugo aportado por la caña; por lo tanto, el contenido de jugo, de la caña recibida, es fundamental para su proceso.

Ante la dificultad de obtener cifras reales del contenido de fibra de la caña; se utiliza una forma sencilla de incorporar a la determinación de la calidad de la caña, el contenido de jugo de la misma. Relacionando el contenido de jugo de la muestra con el contenido de jugo promedio ponderado de la totalidad de la caña recibida ese día; se determina el factor de jugo.

$$\text{FJC} = \text{Jugo \% muestra} / \text{jugo \% total día}$$

5.7 Factor de 96° polarización del azúcar (FP96)

De los cálculos anteriores se obtiene un dato de azúcar esperado, pero de 100 de polarización; por lo tanto debe ser corregido a una polarización comercial (base) sobre la que se podrá hacer comparaciones. Es muy común utilizar la base 96 de polarización.

$$\text{FP96} = 100/96$$

$$\text{Rendimiento} = \text{SJNM} \times \text{FR} \times \text{FRT} * \text{FJC} * \text{FP96}$$

De tal manera, que el % de sacarosa del jugo normal, de la muestra, es convertido en un rendimiento esperado, al multiplicarlo por cada uno de los factores, calculados para un ingenio en particular. Este rendimiento está expresado en libras de azúcar de 96° de polarización, por cada tonelada de caña que sea molida.

Ejemplo de utilización de la fórmula:

Datos del período en la fábrica (Quincena 11, zafra 1995/96)

- a) Caña molida = 191,755.55 toneladas.
- b) Azúcar producida (100 % pol) = 18549.066 toneladas.
- c) Sac % jugo normal = 14.67
- d) $\text{FR} = (18549.066 / 191,755.55) * (2,000 / 14.67) = 13.19 \text{ Libras} / \text{Ton. caña}$
- e) Pol del azúcar comercial = 99.25

Datos del jugo normal de la caña recibida (promedio del período)

- a) % de Sacarosa = 12.31
- b) % de Pureza = 83.45
- c) % de jugo = 67.27
- d) W&C jugo total = $1.40 - (40/83.45) = 0.92067$

Datos del jugo normal de la muestra analizada:

- a) % de Sacarosa = 12.06
- b) % de Pureza = 82.77
- c) % de jugo muestra = 69.00
- d) W&C jugo muestra = $1.40 - (40/82.77) = 0.91673$

Datos para utilizar la fórmula del rendimiento esperado en base 96 de pol.

- a) FR = 13.19 libras/tonelada de caña
- b) FRT = $W\&C \text{ muestra} / W\&C \text{ total} = (0.91673/0.92067) = 0.99572$
- c) SJNM = 12.06
- d) FJC = $\% \text{ Jugo muestra} / \% \text{ Jugo total} = 69.00/67.27 = 1.0257$
- e) FP96 = 100/96
- f) Rendimiento = $12.06 * 13.19 * 0.99572 * 1.0257 * 100/96$

Rendimiento = 169.20 libras/tonelada de caña

Si queremos calcular el rendimiento para una polarización diferente, por ejemplo 99.25, entonces debemos multiplicar el rendimiento obtenido por 96 y dividirlo entre 99.25.

Rendimiento a 99.25 pol = $169.20 * (96/99.25) = 163.66 \text{ libras/tonelada.}$

Para otra muestra de caña, cuyas características de calidad de su jugo normal son:

- a) % de Sacarosa = 14.20
- b) Pureza = 85.26
- c) % de Jugo = 68.50
- d) W&C de la muestra = $1.40 - (40/85.26) = 0.93085$

$$\text{Rendimiento} = 14.20 * 13.19 * (0.93085/0.92067) * (68.50/67.27) * 1/0.96$$

$$\text{Rendimiento} = 200.87 \text{ libras/tonelada de caña en base 96 de pol.}$$

Es notoria la variación en los resultados, en función del incremento de la calidad de la caña: % de sacarosa, % de pureza y % de jugo. Es factible la comparación, entre los rendimientos, ya que ambos están sobre la misma base; o sea, a 96 de polarización.

5.8 Factor de basura (Trash) (FBA)

Con el propósito de incorporar a la fórmula de rendimiento esperado el porcentaje de impurezas (basura) que acompaña a la caña recibida, se ha establecido un factor definido para el efecto. El factor de jugo se estableció en sustitución de un factor de fibra, ante la dificultad de la determinación de ésta; se esperaba que también sustituyera al factor de basura; pero en algunos ingenios utilizan ambos factores (de jugo y de basura).

El factor de basura se calcula así $1 - (\% \text{ basura}/100)$ para la muestra analizada. Puede utilizarse el % de basura, correspondiente al promedio del proveedor durante un período previamente establecido. Este factor castiga los rendimientos dado que, como se ha demostrado, la basura y materiales que no contienen sacarosa, secuestran la sacarosa del jugo y dificultan en gran medida las operaciones del ingenio.

$$\text{Rendimiento } 96^\circ = \text{SJNM} \times \text{FR} \times \text{FRT} \times \text{FJC} \times \text{FBA}$$

Suponiendo que la caña analizada en el caso anterior (con rendimiento 96° de 220.87 libras) presentara un 6% de basura; el factor de basura $1 - (6/100) = 0.94$ lo afectaría de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento (caña neta)} = 220.87 * 0.94 = 207.62 \text{ Libras/T.C}$$

El rendimiento industrial, de esa caña, para un azúcar de 99.25 de polarización, sería entonces de:

$$\text{Rendimiento base 99.25} = 207.62 * (96/99.25) = 200.82 \text{ Libras/T.C}$$

Para ilustración, se presentan las fórmulas utilizadas en otros países; en algunos casos se trata de procedimientos aceptados por todos los involucrados en el proceso: proveedores, ingenios y entidades gubernamentales; en otros casos son propuestas y modelos sujetos a la aprobación e incorporación en la agro industria de cada país.

En Costa Rica, LAICA, ha establecido un Reglamento para el pago de caña de azúcar de acuerdo con su calidad.

Artículo 1. El presente reglamento establece las normas técnicas y medidas complementarias, para determinar el rendimiento calculado en azúcar de 96° de polarización, y la miel final producida correspondiente a cada entrega de caña, obtenidos por los métodos de cálculo que se exponen en el Capítulo III de este reglamento.

Capítulo III DE LA EVALUACIÓN DE LA CAÑA

Artículo 13. La evaluación de la caña de cada entrega, se basará en la determinación de sacarosa (Pol), que puede ser recuperada, expresado como azúcar de 96° de polarización, en un ingenio de eficiencia determinada, además de la estimación de miel final, como subproducto del proceso.

El número de kilogramos de azúcar de 96° de pol, que se espera obtener de cada tonelada métrica de caña de una determinada entrega, se denomina, para los fines del reglamento, **Rendimiento Calculado**, y se abrevia **RC**. Para calcular dicho rendimiento se hará uso de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{RC = Pol \% Caña \times FE \times FR \times 10 \times Factor de Conversión de Polarización}$$

Artículo 14. **Pol % Caña**

Se abrevia P% C. Para su cálculo se requiere conocer cada uno de los siguientes factores:

1. Fibra % caña (**F% C**)
2. Pol % jugo absoluto (**JA**)
3. Jugo absoluto % caña (**JA% C**)

Los factores anteriores son calculados de la forma siguiente:

- a) **F % C = TR x 0.0991**. En la cual, TR es el peso de la torta de bagazo, obtenida en la prensa hidráulica, de una muestra de 500 gramos de caña, debidamente preparada.
- b) **JA = JP x C**. En la cual, JP es el pol % del jugo extraído con la prensa; determinado a partir de la lectura del polarímetro. El factor C es calculado por la fórmula: $C = 1 - (0.0022 \times F\% C)$; Pero, $C = JA \% C$; el cual por definición (ISSCT) es: $JA \% C = 100 - F \% C$; por lo tanto, se tiene que:

$$\mathbf{P \% C = JA \times JA \% C \times 0.01}$$

Artículo 15. **Factor de Extracción (FE)**

El cálculo del factor de extracción, se basará en la ecuación que relaciona la extracción del jugo absoluto con la extracción de sacarosa, la cual es función del contenido de fibra en la caña.

$$FE = 100 - ((JA \text{ en bagazo } \% \text{ fibra en caña}) \times (F \% C)) / JA \% C$$

Asumiendo una extracción reducida constante, con jugo absoluto en bagazo por ciento fibra de 56.67; la ecuación anterior se transforma en:

$$FE = 100 - ((56.67 \times F \% C) / (100 - F \% C))$$

La determinación del factor de extracción, de una entrega individual, se hará sobre una muestra de 500 gramos, representativa de la caña entregada, sometida a una presión de 240 Kg/cm², durante un minuto, en una prensa cilíndrica de 9 centímetros de diámetro interior.

Artículo 16. Factor de retención (FR)

El cálculo del FR, se basará en la pureza del jugo extraído en la prensa (% Pol/% Brix); utilizando la fórmula de Winter and Carp. $WC = 1.40 - (40/Pureza)$. Este valor debe multiplicarse por el factor de ajuste (FW) de W & C, que se establecerá para cada ingenio o zona, para obtener su retención real.

Artículo 17. Cálculo de kilogramos de azúcar para determinar el precio provisional de la tonelada de caña.

La sacarosa (Pol) recuperable (PR) por cien partes de caña es igual a:

$$PR = P \% C \times FE \times FR$$

El resultado [numérico] obtenido se multiplica por la constante 10 para convertirlo a kilogramos de sacarosa (Pol) por tonelada de caña y por el factor de conversión de polarización (CP).

En San Salvador, El Salvador, para el XII Congreso de ATACA, se presentó un proyecto de reglamento para el pago de caña por calidad. En el que se enfatiza que su objetivo principal es mantener una estructura democrática y de buenas relaciones, entre productores de caña e ingenio, que garantice una participación racional y justa de cada sector.

En su primer artículo este reglamento establece las normas, técnicas y medidas complementarias para determinar el rendimiento calculado, expresado en libras físicas de azúcar recuperable por tonelada corta de caña, obtenido por el método que se expone en el capítulo III, en los términos siguientes:

La evaluación individual de las cañas de nuestros proveedores o propia, tendrá como base la determinación del contenido de azúcar presente en la caña, al momento del análisis, que pueda ser recuperada en el ingenio operando a una eficiencia normal y será expresada en libras físicas de azúcar por tonelada corta de caña. La fórmula para obtener el rendimiento esperado será:

$$Y = P/100 \times E/100 \times R/100 \times 1/(S/100) \times L/100 \times 2,000$$

Esta fórmula se puede simplificar quedando de la manera siguiente:

$$Y = (P \times E \times R \times L) / 500S$$

En la cual:

Y = Libras de azúcar por tonelada corta de caña

P = Pol % caña

E = Extracción de pol

R = Retención

L = Factor de ponderación

S = Polarización del azúcar producida

En el artículo 16 se define: **P = Pol % Caña**; con $P = (\text{jugo absoluto \% caña} \times \text{pol \% jugo}) / 100$). El porcentaje de pol en caña; se obtiene después de realizar el análisis de una muestra representativa de 1,000 gramos, extraída por una sonda mecánica (Core Sampler), que luego es prensada a 2,500 psig durante 1.5 segundos; del jugo extraído una parte es analizada mediante un polarímetro digital; y la otra por un refractómetro. Ambos interconectados al computador, que también recibe los datos de: peso, humedad de la torta y sedimentación el jugo, que sirven para calcular el pol % jugo en caña.

En el artículo 17 se define: **E = Extracción de Pol**. En el proceso de extracción de sacarosa por molienda, siempre queda una parte del jugo impregnado en el bagazo, por lo que la extracción de pol, en mayor o menor escala, dependerá, en gran medida, del contenido de fibra en la caña. El máximo porcentaje de jugo perdido en la fibra puede ser de 56.67.

La extracción de Pol se calcula así:

$$E = 100 - ((56.67 \times \% \text{ Fibra en caña}) / (100 - \% \text{ Fibra en caña}))$$

En el artículo 18 se define: **R = Retención** El concepto de retención implica, que debido exclusivamente a la presencia de sustancias no azúcares en la solución, existe una cantidad de sacarosa, que durante el proceso de fabricación, no puede ser recuperada.

Retención = $WC \times BHE$; en donde: $WC =$ fórmula de Winter & Carp; y BHE es la Eficiencia de la fábrica. Este factor representa el porcentaje de eficiencia con que está operando el ingenio y revela el nivel de cercanía, de los rendimientos teóricos, con las cifras reales de la operación normal de la fábrica.

Se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{BHE} = \text{Recuperación Real} / \text{Recuperación Teórica (WC)}$$

$$\text{Recuperación Real} = ((\text{QQ. Pol recobrados en azúcar}) \times 100) / ((\text{Pol jugo mezclado}/100) \times (\text{jugo mezclado \% caña}/100) \times \text{toneladas de caña} \times 20)$$

En el artículo 19 define: **L = Factor de Ponderación**. Este factor permite hacer una distribución ponderada del azúcar que todos los proveedores han entregado al ingenio en el día y se calcula como sigue:

$$L = ((\text{Rendimiento físico real}) / (\text{Rendimiento prom. ponderado de toda la caña})) \times 100$$

En el artículo 20 se define: **S = Polarización del azúcar producida**. Este factor permite convertir las libras pol a libras de azúcar por tonelada de caña.

En el artículo 25 se especifica que: El ingenio se reserva el derecho de recibir las cañas, cuando tengan las siguientes características:

- a) Presencia considerable de hongos (manchas rojas o anaranjadas)
- b) Presencia de alto contenido de levadura (olor a fermento)
- c) Notoria deshidratación en sus cortes (seca)
- d) Cuando la muestra de jugo no clarifique
- e) Un notorio índice de materia extraña

La fórmula utilizada en Venezuela actualmente para determinar el rendimiento, en azúcar refino % caña, es la denominada Winter y Carp. En dicha fórmula se hace intervenir como factor constante de eficiencia mínima el valor 0.90; con esto se logra que el cañicultor no participe en las pérdidas que puedan ocurrir por deficiencias de los centrales (ingenios) o por cuestiones operacionales.

Si la eficiencia de los Centrales supera el valor de 0.90, se sobreentiende que habrá un remanente del azúcar producido, del cual participa el cañicultor en la proporción establecida del 60%.

Por Decreto Gubernativo, está reglamentado el pago de la caña. El sistema de muestreo y análisis está debidamente definido, reglamentado y detallado en todos sus aspectos. Por ejemplo:

Artículo 10. Cálculos

10.1 Porcentaje de extracción: como el peso del jugo extraído (neto) corresponde a 1,000 gramos de muestra de caña, dividiendo el peso neto entre 10, el resultado será: Extracción de jugo % caña.

10.2 Porcentaje de brix: el brix observado se corrige por temperatura; si la temperatura de la muestra de jugo es mayor que 20°C, se le suma la corrección por temperatura, esto se hace porque el refractómetro ha sido graduado a 20°C; por tanto el valor leído para el brix debe ser corregido, si la temperatura a la cual se hace la medida es menor que 20°C se resta la corrección. Nota: Los refractómetros digitales hacen la corrección en forma automática.

10.3 Porcentaje de pol: si se ha efectuado la lectura [del polarímetro] de una solución a peso normal, el valor leído representa el pol % jugo. El término pol se define como azúcar contenido en el jugo de la caña. El peso normal se fundamenta en que 26.00 gramos de sacarosa pura diluida en 100 centímetros cúbicos, a 20°C y polarizada en un tubo de 200 mm de longitud, será 100°S de la escala internacional de azúcar.

10.4 Porcentaje de pureza: este valor se calcula según la fórmula: $\text{pureza} = (\% \text{ pol} / \% \text{ brix}) \times 100$. El término pureza se define como la proporción por ciento de pol en 100 partes de brix o sólidos por gravedad.

10.5 Porcentaje de recuperación de Winter: se calcula por la siguiente fórmula:
Recuperación = $(1.40 - (40/P)) \times 100$. Ejemplo: $(1.40 - (40/79.49)) \times 100 = 89.68$. La recuperación de Winter representa el porcentaje de azúcar refino teóricamente obtenible, por cada 100 partes de azúcar crudo que se refina.

10.6 Rendimiento azúcar % caña: Se calcula según la siguiente fórmula

$$R = (E \times P \times W \times F) / 1000000$$

En la cual:

R = Rendimiento

E = Jugo extraído % caña

P = Pol % en jugo extraído

W = % recuperación de Winter

F = Factor constante de 0.90 (eficiencia mínima)

Fórmula de pago y sistemas de control en la industria azucarera nacional.
Consejo Nacional Cañero, Departamento de Producción y Control, Santa Cruz,
Bolivia.

a) Departamento de Producción y Control

Esta unidad tiene como función básica del sistema, la planificación y control a corto, mediano y largo plazo; de la producción necesaria para cubrir la demanda interna y el cumplimiento de los convenios internacionales de azúcar y de proyectos para usos alternativos de la caña de azúcar.

b) Fórmula de pago

En 1986 se implanta en Santa Cruz de la Sierra, República de Bolivia, el análisis de muestras individuales de caña de azúcar. En algunos ingenios ya se trabaja con la sonda mecánica y otros analizan el jugo de primera presión. En los contratos de zafra firmados con los ingenios se ha establecido que a partir de 1988 se utilizará un solo sistema de análisis individual y será a través de la sonda mecánica.

La fórmula para calcular el pago de la caña que se utiliza es:

$$PCI = (Pol \% JE (1 - 0.01F) C) 1 - (Fe - 16)0.006(Pza JE/PzaM) R$$

El uso de la fórmula se ilustra con el siguiente ejemplo: Para una tonelada métrica de caña se tiene:

$$(PCI \times 0.79 \times 0.5610 \times 1000) / (100 \times 46) = \text{qq de azúcar del cañero}$$

PCI = sac % caña

Pol % JE = Pol % jugo de la prensa

F = Fibra industrial

C = Factor de transformación del JE en pol % jugo absoluto. (0.923 para toda la zafra)

Pza JE = pureza del jugo de la prensa

Pza M = Pureza media ponderal del día del jugo de la prensa

R = Factor de correlación de la pol % caña individual media ponderal del día (PCI medio) con la pol % caña molida del día o sea: R = sac % laboratorio central

Fe -16 = Identificación de la unidad de muestreo y de los puntos de muestreo.

El factor $(Pol \% JE \times (1 - 0.01F) \times C)$; no puede ser inferior a 0.94, ni superior a 1.01, en caso de estar fuera de este rango, se toman los parámetros anteriores (valores máximo y mínimo del rango).

El factor (Pza JE/Pza M) x R; no puede ser inferior a 0.94 ni superior a 1.01, en caso de estar fuera de este rango, se toman los parámetros anteriores (valores máximo y mínimo del rango).

Otros valores:

0.79 = Azúcar recuperada (se reconoce 21 % de pérdida fija)

0.5610 = Participación cañera (el cañero tiene el 56.10 % del azúcar.

Para poder controlar todo esto, el Departamento de Producción y Control cuenta con el personal calificado, equipo y recursos en el laboratorio central. También, por resolución ministerial se conformó la Comisión Tripartita (un representante del gobierno, uno del sector industrial y uno del sector cañero). Esta comisión está facultada para emitir el fallo correspondiente en las situaciones, de conflicto, que no puedan solucionar cañeros con industriales. Además, le corresponde a esta comisión, conjuntamente con la Comisión de Normas y Metrología del Estado, calibrar todos los instrumentos y certificar todas las pesas que se utilizan en los laboratorios de los ingenios.

Resumen de las Normas Operacionales del sistema a emplear en el laboratorio, para determinar la calidad de la caña en forma individual para cada cañero.

1. **Evaluación de la calidad de la caña:** la calidad de la caña debe ser evaluada por la cantidad de sacarosa contenida en la misma, de acuerdo a la ley vigente.
2. **Muestreo:** se efectuará por sorteo (al azar) la unidad a muestrear, la sonda a utilizar y los puntos (del transporte) en donde se obtendrán las muestras.
3. **Preparación de la muestra:** la muestra deberá ser preparada (en los aparatos desintegradores) con un índice de preparación (IP) mínimo del 85 %, para garantizar un trabajo adecuado de la prensa hidráulica.

4. **Extracción del jugo:** se colocan 500 gramos de la muestra, en la prensa hidráulica, la que deberá ser regulada, de modo que el contador de tiempo entre en operación a partir de una presión de 200 KgF/cm², con un rango de variación de +/- 5 KgF/cm², por ciclo, ejercida por 60 +/- 5 segundos; hasta llegar a una presión final de 250 KgF/cm², sin sobrepasar este valor.
5. **Determinación del brix y el pol en el jugo extraído:** la determinación del brix se efectuará en refractómetro digital automático, con corrección de temperatura a 20°C y con salida para impresora. La determinación de la lectura polarimétrica se efectuará en un sacarímetro automático digital, con peso normal igual a 26 gramos y corregido a 20°C; provisto de tubos polarimétricos de flujo continuo y con salida para impresora
6. **Pol % del jugo extraído:** será calculado por la fórmula: factor de pol x lectura; en donde: factor de pol = 0.26/densidad aparente a 20°C. Los valores de los factores de pol, se encuentran en tablas elaboradas para el sistema.
7. **Fibra industrial:** la fibra industrial (F) será función del peso en gramos de la materia fibrosa residual (bolo húmedo) del prensado de la muestra; será calculada por la ecuación: $F = 0.152 \times PBH \times 8.367$; siendo PBH peso bolo húmedo.
8. **Pol % caña global (P.C.G):** Se considera como pol % caña global del día, el % de pol resultante de toda la caña ingresada a molienda, determinada y controlada en fábrica por los métodos convencionales, a través del laboratorio central. Para calcularla utilizamos la fórmula:

$$PCG = (PJM \times KgJM + Pol \% Bag \times KgBag) / KgCg$$

PCG = Pol % caña global molida en el día. PJM = Pol % jugo mixto del día

KgJM = Kilogramos jugo mixto del día. KgBag = Kilogramos de bagazo

KGCg = Caña global molida en el día.

CONCLUSIONES

1. El aseguramiento de la calidad, en las operaciones de la cosecha de la caña de azúcar, permite a una organización (Pantaleón, S.A) cortar, alzar y transportar, con calidad, más de dos millones de toneladas cortas de caña y procesar el setenta y cinco por ciento antes de las treinta y seis horas de cortada; y, el noventa y nueve por ciento de la misma, en un período menor de cuarenta y ocho horas.
2. Como resultado del re-diseño de las operaciones de cosecha (en Pantaleón, S.A), en la zafra 1997/1998, en promedio cada cortador cortó 7.15 toneladas cortas por día y recibió, en promedio, un salario de Q. 61.88 por día. (3 veces el salario mínimo en el campo, incluyendo bonificación)
3. El re-diseño de las operaciones de cosecha está siendo implementada, tanto dentro como fuera del país: México, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Costa Rica; han iniciado con éxito esta maravillosa experiencia.
4. La agro-industria nacional cuenta con los conocimientos, los recursos y las condiciones necesarias y suficientes, para hacer del aseguramiento de la calidad una práctica cotidiana en todas sus actividades productivas.
5. Es fundamental orientar, todas las actividades conducentes al aseguramiento de la calidad, hacia el desarrollo de las personas y sus familias; con el propósito de garantizar el éxito de las mismas.
6. El cálculo del rendimiento probable o esperado de la caña a procesar, se basa en los mismos principios, en todos los países. Las diferencias se presentan en los factores que los afectan; los que se refieren a consideraciones específicas para cada: país, zona o industria en particular.

RECOMENDACIONES

1. Establecer un procedimiento nacional para la determinación del azúcar esperado o rendimiento probable de la caña que se recibe en el ingenio; basado en una metodología propia y que sea utilizado en todos los ingenios del país.
2. Establecer metodologías que se adapten a las condiciones de las diferentes zonas cañeras, del país, a manera de estandarizar los muestreos de caña previos a su cosecha.
3. Utilizar este trabajo para generar otros temas de tesis, para la Escuela de Ingeniería Química, sobre tópicos que complementen el aseguramiento de la calidad en la agro-industria azucarera nacional.
4. Aprovechar el ejemplo de la agro-industria azucarera nacional para promover cambios estructurales en otras industrias nacionales.
5. Impulsar el desarrollo personal y familiar del trabajador agrícola migratorio y proteger su cultura con programas eficaces de educación, capacitación y salud.
6. Iniciar los procesos de cambio, en las organizaciones; para ello es necesario: desarrollar políticas y procedimientos temporales, para su aplicación durante el cambio. Demostrar flexibilidad para probar experiencias nuevas, relajando el control, la burocracia y los procedimientos.

7. Organizar un equipo multidisciplinario para se encargue de manejar la transición y supervise el cambio. Establecer líneas de mando temporales para que el equipo del cambio pueda funcionar.

8. Iniciar vigorosos programas de capacitación basados en las necesidades detectadas al realizar eficaces diagnósticos del clima laboral y empresarial. Estimular el desarrollo de las personas al permitirles pensar y actuar en forma creativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Roger P. Humbert, "Aspectos económicos de la desecación de la caña de azúcar", **Memorias IX Convención ATAM**. (México), 95. 1979.
2. Roberto Dobles, "Calidad, ingrediente vital para competir", **Revista PANORAMA Internacional** (marzo): 128. 1994
3. James R. Evans / William M. Lindsay, **Administración y Control de la Calidad**, (México: Grupo Editorial Iberoamérica, 1995). 4.
4. Thomas Peters, **El Seminario de Tom Peters II**, (Argentina: Colección Revista NEGOCIOS): 115. 1994
5. Margaret A. Clark and Benjamin L. Legendre, "Sugarcane Quality: Impact on Sugar Yield and Quality Factors", **Sugar y Azúcar** (july): 30. 1996
6. J. M Juran, "The Quality Trilogy" **Quality Progress** (agosto): 19. 1986
7. Kaoru Ishikawa, **¿Qué es Control Total de Calidad?** (Colombia: Editorial Norma, 1986)
8. Nicolás Rivero, "El mundo de la política azucarera", **Sugar y Azúcar Yearbook** (1979): 170
9. Eduardo Galeano, **Las venas abiertas de América Latina**, (México: Siglo Veintiuno Editores, 1971): 91
10. Alfonso Fors, "La madurez de la caña de azúcar", **Memorias del VI congreso de ATACA**, (Guatemala): 203, 1985.
11. Juan Arrivillaga, "Floración de la Caña de Azúcar", **Revista Atagua** (Volumen 5, octubre-diciembre): 13. 1988.

12. R. A. Price, "Evaluación de la caña en Queensland, pasado, presente y futuro", **Sistema de pago de la caña de azúcar por calidad**. (Colección Geplacea): 39. 1988.
13. Luis Cardoza y Aragón, **GUATEMALA las Líneas de su mano**, (México, Fondo de Cultura Económica): 362. 1965.
14. Danilo Mirón, **Conozca la industria azucarera en Guatemala**, (Guatemala: Editorial Artemis Edinter, 1998), 3.
15. Rafael Junquera M. "Documentos para la Historia de la Industria Azucarera", **Revista Azúcar. Suplemento No. 1 México**, (No.2. marzo /abril): 3. 1981.
16. Severo Martínez, **La Patria del Criollo**, (Costa Rica, Editorial Universitaria Centroamericana, 1973): 595.
17. Alfredo Guerra Borges, "El Pensamiento Económico Social de la Revolución de Octubre". **Economía** (Número 21, julio/septiembre, 1969): 31
18. Jaime Díaz Rozzotto, **El carácter de la revolución guatemalteca**, (México, Ediciones Revista Horizonte, Costa-Amic, 1958): 267
19. Carlos Guzmán Bockler, **Colonialismo y revolución**, (México, Siglo Veintiuno Editores, 1975): 219.
20. Sussane Jonas y David Tobis, **GUATEMALA: Una historia inmediata**, (México, Siglo Veintiuno Editores, 1976): 38.
21. CEPAL, FAO, OIT, **Tenencia de la tierra y desarrollo rural en Centro América**, (Costa Rica, Edit. Universitaria Centro Americana, 1976): 118.
22. Marco Antonio Villamar, **Apuntes sobre la Reforma Liberal**, (Guatemala, Departamento de Publicaciones, U.S.A.C. 1979): 41

23. Juan Rafael Caldera, "Las fuerzas de la cuadrilla indígena", **Revista Alero No. 2** (Cuarta Epoca, Guatemala, julio – agosto, 1979): 74

24. Instituto Indigenista Nacional, "Síntesis del Proceso Migratorio de braceros del Altiplano a la Costa Sur y sus repercusiones nacionales", **Guatemala Indígena**, (Volumen IV, número 2,1970): 3-36

25. Ricardo Schaeuffker, "Experiencias en la utilización de cosechadoras mecánicas de caña de azúcar en Guatemala", **Boletín No. 4**, (ATAGUA, 1983): 11

26. Michel Hammer & James Champy, **Reingeniería**. (Colombia, Editorial Norma, 1994): 11

27. Roberto Pinto Villatoro, **Manual de entrenamiento para instructores de empresa**, (México, Compañía Editorial Continental, S.A de C.V, 1992): 2

28. Pedro Cabarrús & Gonzalo Madrid, "Diseño y Evaluación de un Sistema de Corte y Alce Manual de caña de azúcar", **Boletín No. 8**, (ATAGUA, 1984): 1-10

29. Angel Velasco Perdomo, "El corte de caña con machete australiano", **Memorias de la décima Convención Nacional de Técnicos Azucareros Mexicanos**, (Asociación de Técnicos Azucareros de México, 1980): 31

30. David J. McCreery, **Café y Clase Social: La Estructura del Desarrollo en la Guatemala Liberal**, (Seminario de Integración Social Guatemalteca, Cuaderno No. 32), 1987: 35.

31. Asociación de Azucareros de Guatemala – Azasgua -, **Informe Anual 1995-1996**.

BIBLIOGRAFÍA

1. Appelbaum, Richard P. **San Ildefonso Ixtahuacán**, Guatemala. Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, Cuadernos del Seminario de Integración Social Guatemalteca No. 17, 1967.
2. Austin, Nancy & Tom Peters, **Pasión por la Excelencia**. México: Lasser Press Mexicana, S.A, 1986.
3. Balandier, Georges, **El Concepto de "Situación" Colonial**, Guatemala, Editorial José de Pineda Ibarra, Cuadernos del Seminario de Integración Social Guatemalteca No. 22, 1970.
4. Capdequí, J. M. Ots, **El Estado Español en las Indias**, México: Fondo de Cultura Económica, 1982.
5. Chen, James C. P., **Manual del Azúcar de Caña**. 1ª. México: Editorial Limusa, S.A de C.V, 1991.
6. Drucker, Peter. **Gerencia para el Futuro**. Colombia: Editorial Norma, 1994.
7. Gates, Bill, **Camino al Futuro**, México: McGraw-Hill, 1995.
8. Hardy, George, **Administración Efectiva del Cambio en una semana**, México: Panorama Editorial, S.A de C.V. 1997.
9. McGregor, Douglas, **El Aspecto Humano de las Empresas**. México: Editorial Diana, 1987.
10. Sallenave, Jean-Paul, **La Gerencia Integral**. Colombia: Editorial Norma, 1994.
11. Stubbs, William C. Sugar Cane Volume 1. "**The History, Botany and Agriculture of Sugar Cane**", Louisiana, USA: State Boreau of Agricultural and Inmigration. 1897.
12. Thomas y Marjorie Melville, **Tierra y Poder en Guatemala**, Costa Rica: Editorial Universitaria Centroamericana, 1982.
13. Vivaldi, Gonzalo M. **Curso de Redacción**. España: PARANINFO, S.A. 1986.

*Ellos me dijeron: "Mira,
Hermano, como vivimos."*

*Y me mostraron sus raciones
de miserables alimentos,
su piso de tierra en las casas,
el sol, el polvo, la miseria,
y la soledad inmensa.*

Pablo Neruda

APÉNDICE

Un caso exitoso de reingeniería en Guatemala

INTRODUCCIÓN

“Un terrateniente, en nombre de otros muchos miembros de la AGA (Asociación Guatemalteca de Agricultores), publicó, en página editorial, del diario más conservador de Guatemala, *El Imparcial*, del 25 de junio de 1945: ¿Qué beneficio traería a los indios y al país que supieran leer y escribir? ¿Pueden comprar periódicos y revistas? Claro que no. . . Utilizan su superioridad como alfabetos para convertirse en el jefe de otros indios y crear toda clase de dificultades al propietario de la finca. . . El indio, debido a su atavismo, prefiere la vida primitiva. . . Si muestra aparente interés en cualquier sugestión de que se civilice, es porque cree en la posibilidad de obtener una ventaja material y no espiritual en ello.” (Cardoza, 1965).

Este resabio de mentalidad obsoleta y racista persiste en la actualidad, impidiendo la incorporación de ese gran sector de la población al desarrollo y la tecnología.

“Por lo general, los indígenas *están* incorporados al sistema de producción y al mercado de consumo, aunque sea en forma indirecta. Participan, como víctimas, de un orden económico y social donde desempeñan el duro papel de los más explotados entre los explotados. En países como Guatemala, por ejemplo, constituyen el eje de la vida económica nacional: año tras año, cíclicamente, abandonan sus *tierras sagradas*, tierras altas, minifundios del tamaño de un cadáver, para brindar doscientos mil brazos a las cosechas del café y el azúcar en las tierras bajas. Los contratistas los transportan en camiones, como ganado, y no siempre la necesidad decide: a veces decide el aguardiente. Los contratistas pagan una marimba y hacen correr el alcohol fuerte: cuando el indio despierta de la borrachera, ya lo acompañan las deudas. Las pagará trabajando en tierras cálidas que no conoce, de donde regresará al cabo de algunos meses, quizá con algunos centavos en el bolsillo, quizá con tuberculosis o paludismo.” (Galeano, 1971)

En este apéndice se describe brevemente el desarrollo, desde la época colonial, de las relaciones del trabajador agrícola, en las grandes plantaciones, con la unidad de producción, hasta llegar al rompimiento de la figura conocida con el nombre de **Habilitación**, hecho histórico y trascendental que no ha sido debidamente documentado ni publicitado. Se trata de un trabajo de divulgación, que consideramos de mucha utilidad para todos los guatemaltecos. Especialmente aquellos interesados en el estudio de la historia patria.

El objetivo principal del apéndice; además de demostrar que es fundamental la educación, capacitación y reconocimiento, a todos los trabajadores, para hacer posible un aseguramiento de la calidad; es promover y estimular el interés de los especialistas, en las diferentes disciplinas; para que ahonden en la investigación de los diversos temas que aquí son presentados.

Sobre el tema del trabajador migratorio, en Guatemala, existen pocos estudios: Trabajadores migratorios y desarrollo económico, de Lester Schmitd; traducido por el Instituto de Investigaciones Económicas y sociales de la Universidad de San Carlos. San Ildefonso Ixtahuacán de Richard Appelbaum, traducido por el Seminario de Integración Social Guatemalteca. Síntesis del proceso migratorio del bracero del altiplano a la costa sur y sus repercusiones nacionales, estudio del Instituto Indigenista Nacional. Las Fuerzas de la Cuadrilla Indígena, de Juan Rafael Caldera.

Pretendemos demostrar que las tremendas modificaciones introducidas en el proceso productivo, de los trabajadores migratorios, en la Finca Pantaleón, S.A; son un claro ejemplo de una exitosa aplicación de reingeniería. Aunque no se diseñó como tal, las condiciones y el desarrollo del mismo, desembocaron en un sistema más eficiente y ventajoso para ambas partes; siendo evidente el cumplimiento del principio de las consecuencias no intencionales; dado que es altamente probable que ni los propios involucrados, en el proceso de cambio, vislumbraran las espectaculares consecuencias que éste tendría.

Además, por el clima político prevaleciente en esa época, era imposible, siquiera sugerir, que este proyecto tuviera un carácter revolucionario, como en realidad ocurrió.

Lo realmente revolucionario de este experimento exitoso es la orientación hacia la persona, que permitió alcanzar novedosas y más justas condiciones de contratación, remuneración y permanencia en el lugar de trabajo, para el personal migratorio. Del mismo modo se incrementó, en forma espectacular, su productividad y desarrollo personal.

Se tiene la idea que las aplicaciones de la reingeniería, en el ámbito nacional, en general han sido un fracaso. Definitivamente muchos intentos han fracasado al no haber sido impulsados, ni mucho menos realizados por personas con un alto sentido de identificación, responsabilidad y entrega.

Infortunadamente, la reingeniería ha sido utilizada como una excusa para: despedir personal, disolver sindicatos, ocultar malas operaciones, etc. Pero fundamentalmente, para reestructurar las organizaciones; dejando en el olvido los dos factores fundamentales de la productividad: *Los procesos y las personas*.

Cuando no son rediseñados los procesos de producción, ni es capacitada la gente para que sepa y pueda hacer las cosas de manera diferente (cambio); el fracaso es seguro.

Todos los trabajos imponen los mismos requisitos: conocer las partes, sintetizar el proceso, proporcionar herramientas y dar información. Se puede contemplar el producto del trabajo (caña cortada y lista para su alce) y preguntarse si está bien o mal (control de calidad); porque el resultado del trabajo siempre es objetivo y se proyecta mas allá de la persona que lo hace. En cambio, trabajar, *hacer el trabajo*, es algo en que está presente la persona que lo hace, individualmente o en grupo, por lo que posee un componente fisiológico (ritmo, velocidad, fatiga, desgaste, descanso, nutrición, rehidratación, recreación, etc.) que casi siempre es olvidado, siendo lo más importante, ya que define el ritmo personal del trabajo (todos los seres humanos somos diferentes).

Hasta el propio “Gurú” de la reingeniería, Michael Hammer lo reconoce así, después de grandes y sonoros fracasos. Tres años después de la publicación de su libro: **Reingeniería**, en una conferencia de prensa ante 437 gerentes, en 1996 reconoció “No fui lo suficientemente inteligente. Por mis antecedentes de ingeniero, no presté suficiente atención a la dimensión humana. He aprendido que es un factor vital.” (Wall Street Journal Américas-Siglo Veintiuno, 1996).

En Pantaleón, desde el principio, la propia mecánica de los acontecimientos, la información que se recopilaba y la necesidad de incrementar la productividad del cortador, orientó los esfuerzos hacia el enfoque en el factor humano. Es necesario reconocer que, afortunadamente en esta experiencia, confluyeron muchas personas con criterio amplio y una gran sensibilidad; lo que, sin ninguna duda, facilitó las cosas para que el éxito coronara los esfuerzos. Como una confirmación de lo apuntado, este extraordinario éxito, ha sido y es, generosamente compartido y considerado un valioso aporte, no de esta empresa, sino de la industria azucarera nacional al país.

La caña de azúcar llega a América

“La búsqueda del oro y la plata fue, sin duda, el motor central de la conquista. Pero en su segundo viaje, Cristóbal Colón trajo las primeras raíces de caña de azúcar, desde las Islas Canarias; y las plantó en las tierras que hoy ocupa la República Dominicana. Una vez sembradas, dieron rápidos retoños, para gran regocijo del Almirante.” (Galeano, 1986)

“En 1530 ingresó la caña de azúcar a Guatemala, pero no fue sino hasta 1590 cuando los frailes dominicos fundaron en Centroamérica, el primer ingenio en San Jerónimo, Baja Verapaz, Guatemala. Su producción ascendía a 600 arrobas (150 quintales) mensuales y la producción era apoyada por 1,000 trabajadores y un acueducto de 120 arcos. Para enviar el azúcar a su destino se utilizaban mulas.” (Mirón, 1998)

En 1524 Hernán Cortés ya había sembrado caña de azúcar en la región de Los Tuxtlas, México; y dos años más tarde, se empezó la construcción de lo que sería el primer ingenio de ese país.

Esta aventura se inició en forma lenta y llena de dificultades, por la carencia total de herramientas, materiales y mano de obra, por lo que esta fábrica debió ser hecha pieza por pieza, en unas partes; y debió, en otras, someterse a la penosa importación ultramarina de aquellos útiles de imposible manufactura americana. En 1528, el ingenio no había sido terminado de acuerdo a las instrucciones, que el conquistador Hernán Cortés, dejara a su mayordomo, Francisco de Santa Cruz, a su partida para España, obligado por ciertos problemas políticos, que se le habían presentado.

“... Y ten, porque, como sabeys ha cerca de dos años que yo tengo comenzado un ingenio en los pueblos de Tuxtla y Tipeaucan y en él queda Hernán Rodríguez para que de orden como se acabe y pues sabeys cuanto importa darle fin, en aquel ingenio aveys de tener especial cuidado de saber lo en él se hace y de proveer todo lo necesario hasta que se acabe, que no falta otra cosa sino maestro carpintero y que se acabe la casa que está comenzada, porque todos los cobres están en poder de Alonso Valiente.”
(Junquera, 1981)

La obra debió ser totalmente terminada después de 1531 cuando, salvados algunos obstáculos, Alonso Valiente procedió a la ocupación de Tuxtla por encargo del extremeño, quien se había impuesto a sus adversarios políticos.

En 1534 llegó a Tuxtla la maquinaria, todo el equipo y los trabajadores indios y esclavos negros para la fábrica de azúcar. Los indios habrían de trabajar en las faenas del campo, mientras los negros ya estaban especializados en distintos trabajos de la fabricación de azúcar. Desempeñándose en el trapiche, calderas y purga del producto. Los cargos de mayor jerarquía, en la administración de este ingenio, como el de mayordomo, personal de confianza y capellán, eran desempeñados por españoles. Los correspondientes a la actividad industrial: preñeros, caldereros, tacheros y purgadores, eran desempeñados por negros y moriscos; y los relativos al campo por los naturales del país; estableciéndose una estratificación social que ha perdurado por siglos.

La mano de obra especializada, para la puesta en marcha del ingenio, llegó de la isla La Española (República Dominicana); ya que en este lugar la industria azucarera había alcanzado un notable desarrollo; a tal grado, que en 1518 funcionaban 28 factorías.

“De la plantación colonial, subordinada a las necesidades extranjeras y financiada, en muchos casos, desde el extranjero, proviene en línea recta el latifundio de nuestros días. El latifundio actual, mecanizado en medida suficiente para multiplicar los excedentes de mano de obra, dispone de abundantes reservas de brazos baratos. Ya no depende de la importación de esclavos africanos, ni de la *encomienda indígena*. Al latifundio le basta con el pago de jornales irrisorios, la retribución de servicios en especie o el trabajo gratuito a cambio del usufructo de un pedacito de tierra. Se nutre de la proliferación de los minifundios, resultado de su propia expansión, y de la continua migración interna de legiones de trabajadores que se desplazan, empujados por el hambre, al ritmo de las zafras sucesivas.” (Galeano, 1986).

La mano de obra indígena desde la Colonia

Es notorio, en el trabajo de Galeano (*El rey azúcar y otros monarcas agrícolas*), el énfasis en señalar las negativas consecuencias, para las personas y el ambiente, que trae consigo el cultivo de la caña de azúcar, abundando en ejemplos y descripciones detalladas; pero no presenta propuestas para mejorar las condiciones en que se desenvuelve el trabajador agrícola migratorio.

Por su parte, el investigador guatemalteco Severo Martínez Peláez, en su obra *La Patria del criollo*, presenta un estudio detallado y completo, desde su particular punto de vista, del surgimiento y desarrollo de la relación de trabajo del indígena, a partir de la conquista, en el cual esboza los objetivos, que es necesario alcanzar para restituir al indio a su condición de ser humano, con todos los derechos y obligaciones que ello conlleva.

“El examen de las condiciones en que la conquista y los mecanismos de explotación colonial pusieron a los indígenas, nos llevó directamente a la conclusión de que el indio fue un resultado directo de la opresión colonial” (Martínez, 1973)

La explicación del indio solamente puede hallarse en el señalamiento de los factores que lo fueron modelando como tal indio, a partir de una realidad humana anterior que no era el indio.

La explicación del indio consiste en mostrar como la conquista y el régimen colonial transformaron a los nativos prehispánicos en los indios. Ahora bien; esa explicación tiene que referirse, primeramente, a los factores económicos y de estructura. Porque la desarticulación de la cultura prehispánica; y la configuración de un nuevo complejo cultural, fueron los hechos que obedecieron al desmantelamiento de la organización economicosocial de los pueblos prehispánicos y a las nuevas funciones que pasaron a desempeñar en la estructura colonial.

El investigador aclara que la consideración de la cultura del indio, basada en los criterios expuestos en los capítulos precedentes, implica una total revalorización de dicha cultura; y continúa de la manera siguiente: "Cuando se denuncia que todas esas modalidades suscitadas e integradas por el proceso concreto, de varios siglos de opresión colonial, revelan la opresión misma. Tal concepción percibe el peso de la colonia en el complejo cultural del indio, y no hace de él un fetiche. No afirma al indio, en tanto que es portador de un pasado colonial, sino en tanto que es capaz de sacudirse ese pasado y desarrollar potencialidades humanas ilimitadas." (Martínez, 1973)

No se interesa en abstracto por la *cultura del indio*, sino por el hombre real que es el indio, capaz de creaciones muy superiores a las implicadas en esa cultura. Dicha concepción, ve atraso y arcaísmo donde otros ven antigüedad venerable y autenticidad mal entendida. Ve infantilismo y pobreza de recursos donde otros quieren ver sencillez. Ve supersticiones y mentalidad mágica, derivadas de la ignorancia, donde otros ven esoterismo y falsa espiritualidad.

Dicha concepción tampoco cree que lo auténtico del indio deba buscarse en el remoto pasado anterior a su conquista: en primer lugar, porque la más elemental captación de la realidad histórica demuestra que el desarrollo humano es irreversible, que las costumbres y la mentalidad que tuvieron vigencia no pueden revivirse después de cuatro siglos de régimen colonial, que han transformado profunda y definitivamente a esa sociedad.

En segundo lugar, porque la autenticidad misma, buena para valorar una moneda o un documento, no es criterio que sirva para valorar situaciones históricas.

Una concepción revolucionaria del indio no puede caer en el fetichismo de su cultura; y menos, quedarse mirando hacia atrás, por la siguiente razón: el desarrollo de las sociedades acusa, en nuestro tiempo, una tendencia hacia la universalización, a la unificación de las grandes corrientes progresivas de la ciencia, la técnica y la política; de manera que las realizaciones de la humanidad, en esos campos tienden a convertirse, por necesidad imperativa de los hombres y por obra del intercambio creciente, en factores de bienestar, cada vez más generalizados, en patrimonio de toda la humanidad.

El desarrollo de los indios, en Guatemala, concebido necesariamente dentro de la dinámica de las clases en que se hallan distribuidos; y dentro del desarrollo general de la sociedad de la que forman parte, implica su contacto creciente con el desarrollo mundial, especialmente el tecnológico. Dicho contacto puede parecerle indeseable a quienes necesitan, para su provecho, la perduración del indio; y, con ellos a quienes desearían la conservación de su cultura con la *máxima pureza*.

La revolución supone, teóricamente, entre sus perspectivas motivadoras, una acelerada incorporación de los beneficios de la ciencia y la técnica contemporáneas, en favor de los sectores sociales que actualmente no alcanzan tales beneficios. Ya sea a ritmo lento, o al paso de cambios estructurales acelerados, la progresiva liberación económica del proletariado agrícola guatemalteco, traerá consigo, necesariamente, decisivas transformaciones en el complejo cultural de Guatemala.

El investigador Martínez, toca la fibra más sensible de la retórica revolucionaria; al señalar, con certeza: que la revolución supone, teóricamente, entre sus perspectivas motivadoras, una acelerada incorporación de los beneficios de la ciencia y la técnica contemporáneas, en favor de los sectores sociales que actualmente no alcanzan tales beneficios.

En Guatemala tres de los llamados gobiernos de la revolución, fueron incapaces de encontrar soluciones efectivas, para eliminar las inhumanas condiciones de vida del trabajador migratorio y su familia en los campos de cultivos intensivos. Todo quedó en retórica palaciega y deseos no satisfechos:

“En Guatemala no existe problema agrario; antes bien, los campesinos se hallan: psicológica y políticamente impedidos para trabajar la tierra. El gobierno creará para ellos la necesidad de trabajar, pero sin perjudicar a ninguna otra clase” Juan José Arévalo. Citado por Alfredo Guerra Borges.

“Tras subir al poder, en 1951, Arbenz especificó sus objetivos: [...] primero, convertir (a Guatemala) de una nación dependiente con una economía semicolonial en un país económicamente independiente; segundo, transformar a nuestra nación atrasada, con una economía predominantemente feudal, en un país capitalista moderno; y tercero, llevar a cabo esa transformación de manera que traiga el estándar de vida más elevado a las grandes masas del pueblo.” Citado por Jaime Díaz Rossotto.

“Ubico otorgó a los señores del café y a las empresas bananeras el permiso para matar: Estarán exentos de responsabilidad criminal los propietarios de fincas y sus representantes... El decreto llevaba el número 2,795; y fue restablecido en 1967, durante el democrático y representativo gobierno de Mendez Montenegro [Tercer gobierno de la Revolución]” (Galeano, 1986)

“Ahora bien, el hecho de traer a cuenta errores tan graves nos demuestra las grandes limitaciones de los sedicentes marxistas de Guatemala, quienes, no obstante ese y otros fracasos, siguen buscando la manera de implantar el *modelo* haciendo a un lado las circunstancias históricas reales” (Guzmán Bockler, 1975).

En otras palabras, la base de todos esos tropiezos está en que la mayoría de los dirigentes de los partidos llamados revolucionarios, no han podido romper el cerco que a su alrededor alzan los valores urbanos y ladinos. Se han negado a entender que la única dinámica de la revolución tendría que salir de las áreas rurales, al ser incapaces de pensar por sí mismos, a efecto de resolver el problema con los datos que la realidad les pone frente a sus ojos; prefiriendo utilizar un recurso de colonizado, a saber: tomar lo que viene del extranjero y superponerlo a los hechos nacionales, aunque no encaje.

Desde esa perspectiva, es fácil comprender porqué los ladinos de izquierda llegan a la ingenuidad de pensar que un cambio, para que sea revolucionario debe respetar sus posiciones de prestigio y poder; así como darles el mando de la nueva situación.

“La relación de explotación entre criollos e indios fue institucionalizada, aun más, con ayuda de la Iglesia, mediante (la creación) de diferentes figuras que sustituían ostensiblemente a la esclavitud (que había sido abolida por la corona). Por la *Encomienda*, la corona otorgaba al criollo, tanto tierra como cierto número de indios para que la trabajaran. Se solía pagar a los indios por anticipado, lo cual los ataba de manera efectiva a la tierra. De ese modo, básicamente eran esclavos. Mediante los *Repartimientos* (circunscripción), los indios eran obligados a realizar algún tipo de trabajo para amos designados. Los *Mandamientos*, eran otra forma disfrazada de esclavitud, en la cual a algunos indios, de un pueblo, se les ordenaba trabajar por un jornal exiguo.” (Jonas & Tobis, 1976)

En América se implantaron preceptos feudales al imponer la obligación de producir por la fuerza y satisfacer las exigencias de un señor.

Estas exigencias adoptaron la forma de servicios por prestarse o de impuestos por pagarse, en moneda o en especie. Así nació la Encomienda, estableciendo la división entre señores y siervos.

En América, la atención del conquistador y el encomendero se fijó en el campo y, sobre todo, en los hombres: esclavos y siervos. Organizaron una agricultura esclavista, sin preocuparse por mejorar la técnica, situación que prevalece hasta hoy

“El Arzobispo García Peláez cuenta, transcribiéndonos un auto acordado el 2 de julio de 1548, de que los indios: *‘recibiendo dineros adelantados e antes que cumpliesen el término por que se habían concertado, los dichos españoles los iban prendando con más dineros adelantados e otras cosas que les dan en precios, con las que hacían servicios como perpetuos esclavos e se les seguían otros inconvenientes’*, son sistemas tan actuales como entonces.” (Cardoza, 1955)

Aquí está el origen de la habilitación que posteriormente fue desarrollada hasta institucionalizarse y ser una práctica común en todo el país. Continúa el autor citado, describiendo las terribles condiciones en las cuales trabaja el indio; las que han sido definidas en el sistema de explotación establecido por la conquista.

En su Informe al Real Consulado de Comercio, presentado en 1808 Don Juan Antonio de Aqueche y don Anselmo Quiroz, anotan:

“Los trabajos a que se les obliga, enviándolos a los Alcaldes Mayores en partidas con nombres de repartimientos a las haciendas de los que los piden para sus labores, y a los que deben dárselas con arreglo a las leyes: la conducción sobre sus espaldas, de cargas pertenecientes a los mismos alcaldes mayores, curas e particulares de la clase de blancos, de unos parajes a otros: la composición de caminos, la construcción de edificios, templos y casas, bajo la dirección de los maestros arquitectos o albañiles, y en fin, todo lo que es servicio penoso y molesto, está reservado para esta gente en todo el reino de Guatemala.

Ellos son el descanso de la demás gente sin exclusión: ellos son los que nos alimentan, surtiéndonos de lo necesario y de regalo, al paso que ellos son tan parcos y frugales que casi nada comen de sustancia. Y si los indios trabajan como queda insinuado, las indias hacen lo propio al tanto y tal vez más: hasta los indezuolos trabajan, pues apenas tiene alguna solidez en sus piernecitas, cuando van con sus madres al monte a recoger palitos para el fuego, y a renglón seguido caminan ya con sus padres jornadas largas con sus carguitas proporcionadas a cuestas.” (Cardoza, 1955).

“En la categoría de migrantes temporales se incluyen las personas que se desplazan en grandes grupos hacia las zonas de la agricultura de exportación, durante períodos determinados, siguiendo el calendario de las cosechas de: café, algodón y caña de azúcar, fundamentalmente. No se han hecho estudios del fenómeno migratorio que abarquen todos los países centroamericanos. Solo se conoce la magnitud de los temporales que alimentan la gran agricultura comercial de Guatemala y Nicaragua. Se ha estimado en 200,000 migrantes temporales de Guatemala. Por otra parte, algunos autores calculan en cerca de 161,000 personas el desplazamiento anual de campesinos de las zonas del noroeste a la costa sur (96,000 hombres, 35,000 mujeres y 30,000 niños, aproximadamente)”. (Cepal, Fao, Oit, 1973).

La Habilitación

“La legislación laboral de la Reforma creó los instrumentos normadores de una nueva situación de servidumbre para el indio, ahora en función de los intereses de los finqueros. Desde el célebre y funesto ‘Reglamento de Jornaleros’ de la época de Barrios, hasta la no menos célebre ‘Ley de Vagancia’ del último dictador cafetalero, Ubico. Se fueron *perfeccionando*, no humanizando como maliciosamente se ha querido hacer ver, los mecanismos legales de la opresión de los indios en torno a los siguientes puntos medulares: quedaron obligados a acudir a las fincas cuando los finqueros los necesitaran, y las autoridades locales de pueblos y ciudades, se vieron en la tarea de controlarlos y enviarlos a su misión (a estos envíos se les siguió llamando con su nombre colonial: Mandamientos); siendo, en efecto, una brusca reactivación del trabajo forzado colonial, lo que eliminó, en esta relación de trabajo, la libre contratación; privando la paga forzada bajísima. Se llamó ‘*Habilitación*’ a la paga forzada anticipada (práctica de origen colonial) endeudadora del trabajador y justificadora de su envío violento, a las fincas, y de su retención en ellas”. (Martínez, 1973)

Las relaciones sociales de producción que estructuró la revolución de 1871 merecen estudiarse con cierto detalle; porque ellas fueron claves para definir el carácter que adquirió finalmente la habilitación. Estas relaciones quedaron establecidas en el decreto número 177 del 3 de Abril de 1877, que establece las categorías socioeconómicas de: Patrono y Agente del Patrono, por una parte; y por otra, la de Jornaleros, la cual está dividida en: colonos, jornaleros habilitados y jornaleros no habilitados.

Por ley los patronos o sus agentes debían llevar un *registro minucioso* de sus jornaleros en una libreta, en la que se asentaba semanalmente, el debe y haber de su cuenta y que cada año trasladaban a la autoridad más próxima.

Tenían la obligación de *dar parte* a la autoridad más inmediata, si se presentaba un jornalero a solicitar trabajo que no llevara autorización de su anterior patrón; o no estuviere solvente con éste. Los funcionarios del estado eran el brazo fuerte para el mantenimiento de la sujeción de la mano de obra.

El Decreto 177 (inciso 4) instruía a las autoridades para facilitar a los patronos o sus agentes el enganche de los jornaleros; al mismo tiempo autorizaba a los dueños de las fincas para construir calabozos en sus fincas para detener a cualquiera que cometa un delito o falta, mientras lo pone a disposición de la autoridad.

Las disposiciones que favorecían, en lo mínimo, a los jornaleros eran: darles alimentación sana y abundante, *cuando así lo mandara el contrato*. Establecer en cada finca, en donde hubiere más de 10 familias, una escuela gratuita de primeras letras. Tratarlos bien y proporcionarles boleta de solvencia cuando solicitaran trasladarse a otro lugar.

“Las Autoridades estaban obligadas a perseguir a los deudores fraudulentos por habilitaciones de diversos patronos, remitiéndoles con seguridad a la finca cuyo patrono se haya presentado a la Autoridad; si eran varios los patronos reclamantes, debería remitirlos a cada uno por el orden en que hubieran presentado su reclamo”. (Inciso 6to. Artículo 38). El jornalero no podía moverse, de su lugar de trabajo, sin autorización de su patrón y de la Autoridad, pues ésta decidía el cambio de domicilio solicitado.” (Villamar C., 1979)

Ubico prohibió el endeudamiento forzoso y la retención por deudas, que había estado en vigor desde Barrios; pero lo sustituyó por un procedimiento más eficaz, la tenebrosa: Ley de Vagancia.

Eran considerados reos de vagancia y se les enviaba a romper piedra a los caminos sin ninguna remuneración, todos los indios que tenían alguna tierra, que no demostraran haber cumplido cien jornales por año en las fincas; y, los que no tenían tierra, ciento cincuenta jornales por año.

Durante toda la Reforma, estuvo en vigencia el libreto de jornaleros; inventado por Barrios. Era un documento que probaba la solvencia del indio frente a su patrono; ya que el libreto servía para comprobar el cumplimiento de los jornales anuales obligatorios, debiendo estar firmado por el finquero a quien le había trabajado. El libreto de jornaleros fue suprimido en 1945 por el Congreso de la república; pero, la habilitación y el trabajo forzado por deudas continúa hasta nuestros días.

Las prácticas de sujeción y explotación que fueron legalizadas en el artículo 39, del decreto 177 (3 de abril de 1877), al asentar que todos los gastos que se originen para obligar al jornalero al cumplimiento de sus compromisos, serán pagados por el patrón **a cargo del jornalero**, anotándolo así en su libreta y en su cuenta; persisten en la actualidad.

“En las décadas de 1870 y 1880 la insuficiencia de mano de obra barata se constituyó en una barrera estructural, mucho más grande, para la expansión del cultivo del café, que los problemas derivados de la tenencia de la tierra, La incorporación de las tierras de las aldeas indígenas en el esquema del latifundio, hechas a costos bajos; o bien, de modo fraudulento, sirvió para crear un alto desempleo rural. Tales condiciones fueron los prerrequisitos de la exitosa utilización de la ley contra la vagancia y el peonaje por deudas, como instrumentos, usados por los liberales para la movilización de la mano de obra barata. Este sistema resultó más simple y más efectivo que el *mandamiento*. El cultivo del café demandaba mucha mano de obra solo para una parte del año. De este modo, la ley contra la vagancia exigía que aquellos individuos con cantidades de tierra menores que las señaladas, trabajasen varios meses al año como trabajadores agrícolas asalariados en donde consiguieran trabajo; al no encontrarlo *eran vagos*.” (McCreery, 1987)

En cualquier momento podían ser retenidos en las fincas con la simple negativa del patrón o su agente a firmar el libreto del jornalero.

Los inspectores agrícolas del Ministerio de Fomento fueron advertidos, específicamente, para no intervenir en favor de los trabajadores en las disputas que surgían de tales prácticas (Notificación a Inspector General de Agricultura, agosto 23 de 1877).

Sistema Operacional de la habilitación

El sociólogo guatemalteco Juan Rafael Caldera, visitó, durante 3 días, la finca Cerritos en Escuintla, a principios del mes de diciembre de 1975; conviviendo con los integrantes de las cuadrillas de cortadores de caña de azúcar. Describe su experiencia en el trabajo: “Las Fuerzas de la Cuadrilla Indígena”

“ A principios de diciembre (1975), había en Cerritos tres *cuadrillas* (término que se usa en muchos sentidos): una de diversos municipios del suroriente del Quiché; otra de Nebaj y una de San Juan Sacatepequez. Cada una de ellas había sido traída por un contratista distinto y se alojaba en grupos de galeras distanciadas entre sí, a: 10, 30 y 40 minutos de caminata a pie.

El número de gente, de cada una de estas cuadrillas, era: la primera de 470 trabajadores, sin contar los niños, alojados en tres galeras [más de 150 personas por galera]. La segunda de 300 personas, alojadas en dos galeras; y, la tercera de 150 personas alojada en una galera. Cuando la zafra llega a su punto máximo, se habilitan dos galeras más, una en el trapiche viejo y la otra en un antiguo salón de baile, para ajustar así un número máximo de 1,200 cuadrilleros [cortadores sin contar las familias].” (Caldera, 1979)

Describe, Caldera, que: se acuestan (en el suelo) como a las 8:00. Se forman tres filas a lo largo de las galeras. Hay en Cerritos piso de cemento. Además, cosa reciente, pedida por el contratista a la finca, paredes de block. Los techos son de lámina. Las paredes no topan con el techo, de modo que corre el viento y entra luz.

La gente extiende costales sobre el cemento y se tapa con una colcha. En la cabecera se colocan toda clase de cosas que cada uno a bajado de tierra fría y que se guardan en una sábana. Al salir al trabajo se deja colgada la sábana. En Cerritos, no todos cuelgan sus cosas *porque no se meten los marranos*, ya que hay paredes y uno de la cuadrilla hace de guardián.

En esta finca, solo existía un chorro de agua, al lado del campo de fútbol, para servicio de más de 1,000 personas. La toma de riego es utilizada para lavar y bañarse. No existen letrinas, por lo que los excrementos se acumulan a las orillas de los cañales cercanos.

En general las condiciones de salubridad y seguridad, para los cuadrilleros, siempre fueron deplorables; lo que ocasionaba altos índices de enfermedades infecto-contagiosas, sobre todo en los niños; además, por la dieta pobre en proteínas, la desnutrición era endémica. La finca solamente proporciona: tortillas, frijoles, sal y atol; a las 11:00 a.m., en el cañal y a las 5:00 p.m., en la galera. “ Van y vienen, esperando el momento, como a las 5:00 p.m., en que los flonques traen la comida: tortillas frijoles, sal y atol de maíz. La finca no da café. Los sábados se reparte Q.1.00 de habilitación, un pedazo de carne o de pescado seco; el que ponen al fuego, de leña traída por ellos mismos de potreros cercanos. Tampoco da los trastos, todos llevan, por eso, su pocillo y plato de peltre y una jarrilla de lata para hacer el café, todo comprado por ellos; si alguno no tenía plato, le servían los frijoles directamente sobre las tortillas; si no tenía pocillo no recibía atol. La jornada laboral empieza a las 3:00 a.m. cuando se levantan para ir al cañal; sobre todo si está muy lejos, ya que tienen que caminar hasta una hora para llegar.

“Van silenciosos por la carretera de polvo. Comienza apenas a clarear. Uno cree que solo lo acompaña la cuadrilla del caporal que sigue a éste para recibir trabajo. Pero, de repente, aparece un camión o un tractor, detrás de nosotros, y alumbrá con sus reflectores al ejército de sombras negras que desordenadamente ocupan el paso hasta donde se pierde la vista.” (Caldera, 1979.)

Ya en el lugar de trabajo el grupo se divide en cuadrillas de cuatro personas cada una para recibir su *luchada*. Una *luchada* consiste en 4 surcos de cañal separados entre sí una distancia de un metro y de casi 30 metros de largo. Las separaciones y longitudes de los surcos varían de un cañal a otro. Cada cortador se hace cargo de un surco, trabajan a un ritmo regular, colocan la caña cortada sobre la mesa formada por el espacio dejado al cortar los dos surcos centrales; colocan las hojas, puntas y cañas tiernas en los extremos de la pila de caña y la caña limpia en el centro, sobre la mesa. De esta forma se facilita el alce (recogida) con las alzadoras mecánicas. Antes de introducir el alce mecanizado, el cortador tenía que cargar a mano toda la caña que cortaba, armar una maleta en el suelo o sobre un carretón, previa colocación de las cadenas y, finalmente, apretar las cadenas para evitar que se desarmara la maleta. Como consecuencia de esa tarea extra, el rendimiento por cortador era en promedio una tonelada corta por hombre al día.

La caña cortada de una *luchada* será pesada como una unidad. A cada cortador le corresponderá un salario correspondiente a la cuarta parte del peso de la misma. Al comenzar la *luchada* el caporal se encarga de dejar clavada, en una caña vertical, una tarjeta con las iniciales del contratista, el número del caporal y el número de la cuadrilla. A continuación se presenta un ranchero quien es el encargado de hacer las notas de envío; anotando los números de: el contratista, la *luchada* y del carretón o del transporte que se lleva la caña al ingenio para ser es pesada. Siempre existió la sospecha del arreglo de las balanzas para marcar menos peso de lo real.

“Las balanzas son automáticas, sacan un papelito y bien pueden estar, como lo siente en general el vendedor de caña, pequeño y grande, y el trabajador, arreglada de antemano para que pese a favor del ingenio.” (Caldera, 1979)

Alrededor de las 11:00, de la mañana, llegaba el almuerzo al cañal, generalmente frío, junto con el agua en carretones. Los flonques procedían a repartirlo. El trabajador no había comido desde las 5:00 de la tarde del día anterior; a no ser que guardara algo de la cena para desayunar; de lo contrario se veía obligado a ayunar.

El Q.1.00 que recibía de habitación el cortador el día sábado; era insuficiente para comprar alimentos y desayunar cada día de la semana. Si su familia se veía en la necesidad de acompañarlo para no quedarse indefensa y sin recursos económicos en su comunidad; tenía que procurarles alimentación, porque la finca solo daba ración al cortador.

Una pareja, de flonque y cocinera, se encargaba de un grupo de 25 a 30 personas, se cocinaba en el suelo, en toneles de metal. Los flonques repartían la comida; llevándola a sus espaldas, en cajas de madera las tortillas; y, en botes de metal los frijoles.

El flonque gana Q. 1.00 diario y la cocinera Q. 0.05 por persona; si atiende a 30 personas, le corresponde Q. 1.50 al día. El cuadrillero gana Q. 1.00 por tonelada de caña cortada (en Guatemala se utiliza la tonelada corta). Uno, de los cortadores, le contó al investigador Caldera que había ganado "Q. 35.00, Q. 70.00, Q. 75.00 y Q. 85.00; en cuatro períodos distintos; al parecer no todos de 30 días". Los períodos de trabajo van de 30 a 40 días, a manera de evitar el pago de prestaciones; el cuadrillero no puede continuar trabajando, en la finca, aunque lo desee; pues debe regresar con el contratista, quien, además, es dueño del transporte y, con seguridad, no lo vuelve a 'contratar' si no obedece y regresa con él.

La figura principal de este sistema de contratación es el contratista o habilitador, un personaje importante en su comunidad; pudiendo ser ladino o indígena.

Hace 25 años un habilitador que era ministro de estado, recibía en su despacho del palacio nacional un cheque mensual enviado por los dueños de las fincas; por valor del DIEZ POR CIENTO (el medio Real colonial) del salario devengado por cada trabajador *que le pertenecía*. Esto confirma que la figura del habilitador es muy importante en su comunidad, pudiendo llegar a concentrar tanto poder político, económico y social, que ha llegado a ser invulnerable por más de cuatro siglos.

Santos Hernández, nació en la finca San Antonio Senaché propiedad de la familia Herrera, en Zacualpa. Fué un contratista fuera de lo común, por su potencial económico, fue el único Diputado electo a la Asamblea Nacional, que no sabía leer ni escribir; no fue el único analfabeta en esa institución, ya que siempre los ha habido aunque sepan leer y escribir. Murió asesinado (crimen sin resolver como muchos) poco tiempo después de tomar posesión de su puesto. Fué un caso ilustrativo de la concentración de poder económico y político que representa la figura del contratista.

Siendo dueño del transporte, la venta de abono en las comunidades, el prestamista, etc. ejercía fuerte influencia en su zona de acción. Fué un contratista regional, contrataba gente de diferentes comunidades y proporcionaba a los ingenios, más de 2,000 cortadores por zafra. Sus camiones traían a la gente al ingenio y regresaban con azúcar. Era el más fuerte de los 10 contratistas que operaban en Zacualpa. Tenía a su servicio un grupo de caporales (secretarios) quienes hacían las listas, llevaban las cuentas de los anticipos y el control de los cuadrilleros.

Estos anticipos (habilitaciones), eran verdaderos préstamos de Q. 50.00, Q. 100.00 o más; en efectivo o en especie: abono, víveres, etc. No cobraba intereses a sus conocidos, siempre que el trabajador se comprometiera a bajar a la costa a desquitar la deuda. De todos modos, siempre cobraba el respectivo DIEZ POR CIENTO del devengado de cada cuadrillero. Equivalente al medio real que recibía descontado del jornal del indio, el Juez repartidor (habilitador de la Colonia) por cada indio repartido.

Algunos contratistas, que trabajan solo con gente de su comunidad, les dan a sus habilitados, al inicio del viaje hacia la costa pequeñas habilitaciones de Q. 3.00 a Q. 7.00, antes de la salida a cumplir sus contratos de trabajo. El viaje, de ida y vuelta, era pagado por la finca al contratista en concepto de pasaje. En el caso del señor Hernández, él concentraba las funciones de contratista y transportista; además de comerciante. Esta concentración es un signo del incremento de poder de la habilitación. Para 1975, se estimó el ingreso del Sr. Hernández por concepto de transporte y porcentaje sobre el devengado de sus hombres en Q. 70,000.00.

La contratación de las cuadrillas no se hacía el mismo día, se hacía en diferentes días y por diferentes períodos, dando origen a las cuadrillas por fecha de contratación; esto le permitía al contratista optimizar el transporte; pero era el principal motivo de queja de las fincas por la permanente rotación del personal, provocando problemas en la recepción, ubicación, entrega de raciones, cálculo y pago de salarios, etc.

Otro aspecto, muy importante, era el desconocimiento de la técnica del corte de caña de azúcar de parte de los nuevos cortadores. El contratista se comprometía a llevar a las fincas una determinada cantidad de hombres; él cumplía con la cantidad, pero incorporando sustitutos, si no viajaba el contratado o llenando el cupo con menores de edad (niños en muchos casos). Era lógico que el rendimiento de estos cortadores, al principio fuera muy bajo; para cuando adquirían alguna destreza, se terminaba el período de contrato y debían volver a su comunidad, siendo sustituidos por nuevos e inexpertos cortadores. Esto cerraba el círculo vicioso. Como no existía certeza, de parte de las fincas, de contar con los mismos cortadores siempre, no existían programas de capacitación.

En 1969, El Instituto Indigenista Nacional entrevistó a 177 jornaleros migratorios en fincas de algodón, café y caña, procedentes de 13 departamentos del país.

“Todas las fincas tienen, para el hospedaje de los cuadrilleros, galeras de diferentes extensiones que varían desde 48 hasta 540 metros cuadrados, construidas de caña o tablas. Tales galeras no reúnen las condiciones necesarias de habitabilidad, pues carecen de servicio sanitario, ya que la mayoría (97%) informaron que las necesidades fisiológicas tienen que hacerlas en el campo y solamente el 3 % disponía de letrinas. Todas las galeras son de uso promiscuo. El 62 % de los trabajadores se enfermaron por efecto del trabajo, condiciones del clima, mala alimentación, agua no potable, etc. De igual manera el 49 % de los miembros de su familia, que los acompañaba, también enfermaron.” (Inst. Indigenista, 1970)

El estudio del Instituto Indigenista determinó que: en todas las fincas dan raciones alimenticias, las que consisten en: maíz, frijol, cal, sal y café. El 47 % informaron que les dan leña, el 53 % que no; pero ellos la recogen y acarrean. 3 % pagan porque les preparen la comida. Al 24 % se las hace la propia familia o ellos mismos; y, al 73 % se las dan hecha. Por lo inapropiado de las galeras, el 89 % de la comida se cocina en el suelo, el 8 % en cocinas de la finca y el 3 % restante no informó. En opinión del 66 % de los trabajadores la ración no es suficiente.

El 62 % de los trabajadores migratorios se enfermaron por efecto del trabajo, malas condiciones del clima, mala alimentación, agua no potable, etc. De igual manera enfermó el 49 % de los miembros de su familia que los acompañaban.

Cuando la gente emigra, en la mayoría de las comunidades la educación escolar queda cortada para los niños, pues en las fincas no asisten a la escuela. Ellos viajan porque van a ayudar a sus padres; o simplemente, tienen que acompañarlos por no tener con quien quedarse en su comunidad. Viajan para ganar dinero en la costa y la mayoría estima de antemano cuanto van a percibir por su trabajo durante toda la temporada.

“El 64 % calculó que podía llegar a reunir de Q.8.00 hasta Q.30.00 [al cambio de 1 x 1 en 1969]. El 7 % hizo una estimación más optimista de reunir hasta Q.70.00. El 4 % no recibiría nada por tener deudas superiores al producto de su trabajo y el 25 % restante, no pudieron hacer ninguna estimación.” (Instituto Indigenista Nacional, 1970)

En 1974 cuando la finca Cerritos se constituyó en una empresa, a la cual se le transfirió toda la maquinaria; ya funcionaba una galera como cocina para todas las cuadrillas. Estaba equipada con tres grandes estufas (de gas) para el nixtamal, que se cocinaba siempre en toneles, otras estufas de menor tamaño para cocer los frijoles y siete estufas para los comales; todas estaban dotadas de chimenea. Ya se contaba con un molino eléctrico para el maíz y unas 30 piedras de moler para repasar la masa.

La sensación, que existía en el año 1975 de una posible falta de mano de obra, para el corte de la caña, se confirmó, a raíz del terremoto de 1976. Gran parte, de la fuerza laboral, no bajó a la costa pasando a ocuparse en las tareas de reconstrucción.

A partir de 1975 se inician, en Guatemala, las pruebas de corte de caña utilizando cortadoras de diversos tipos y marcas; sin obtener resultados significativos. Se pretendió utilizar la máquina en forma aislada, o sea con un enfoque a la tarea.

“... Sin que ninguna de las mismas (cortadoras) diera resultados significativos. Debido a que no se contaba con el equipo de apoyo necesario, ya que estimamos que el corte de caña con cosechadoras, no es efectuado por una máquina, sino es todo un sistema integrado.” (Schaeuffler, 1983). Ya se vislumbra el enfoque al proceso.

La cosecha mecanizada no ha sido, hasta la fecha, una práctica usual en los ingenios de Guatemala. El rediseño del proceso de cosecha de la caña de azúcar incrementó en forma espectacular la productividad de los cortadores y redujo el impulso por su utilización.

Reingeniería

“Reingeniería es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como: costos, calidad, servicio y rapidez” (Hammer & Champy, 1994)

La Reingeniería no da nada por sentado, empieza con lo que debe ser, se olvida de lo que es; de allí que la revisión de lo que se está haciendo sea *fundamental*. También debe ser *radical*; es decir, llegar a la raíz de las cosas, no efectuar cambios superficiales. La tercera palabra clave, de la definición es: *espectacular*, no se trata de hacer mejoras se producen cambios gigantescos y significativos. Finalmente, la cuarta palabra clave es: *procesos*. Se define un proceso como un conjunto de actividades que recibe uno o más insumos y entrega un producto de valor para un cliente.

Esta es la parte más importante, ya que la mayoría de gerentes, están orientados a las tareas, oficios, personas, estructuras; pero no a los procesos. Para rediseñar, es imperativo concentrarse en un proceso fundamental del negocio (cosecha de la caña), no en unidades organizacionales; no olvidemos que: para hacer frente a las demandas de calidad, servicio, flexibilidad y bajo costo, los procesos *deben ser sencillos*; y, deben ser secuenciales; es decir, que debe estar claro que es lo que debe hacerse antes y después de cada actividad.

Un tema recurrente en los procesos rediseñados es el desplazamiento del trabajo a través de fronteras organizacionales; en contraposición al sistema tradicional, en el cual el trabajo se organiza en torno a los especialistas (el encargado de facturación, factura, el de compras, compra, etc.). Finalmente, los procesos rediseñados hacen uso de controles solamente hasta donde se justifican económicamente.

Los procesos tradicionales están repletos de pasos de verificación y control que no agregan valor, pero se incluyen para asegurar (como consecuencia del fuerte grado de desconfianza en el personal) que nadie abuse. En conclusión, la reingeniería no solo elimina el desperdicio sino también el trabajo que no agrega valor (viajar a pie al cañal).

Cambios que provoca el rediseño de los procesos

- A. De Departamentos funcionales a Equipos de Proceso: Los equipos de proceso no incluyen representantes de todos los departamentos funcionales interesados, sino que reemplazan la antigua estructura departamental. Estos equipos son de muchas clases; y, el que conviene, en cada caso, dependerá de la naturaleza del trabajo por realizar. Por ejemplo: el Equipo de Corte Alce y Transporte (C.A.T).
- B. De tareas simples a trabajo multidimensional: Los integrantes de los equipos, son responsables, colectivamente, de los resultados del proceso; no individualmente de los resultados de las tareas. Compartiendo con sus colegas la responsabilidad conjunta de los resultados del proceso total; no solo una parte de él.

- C. El trabajador deja de ser controlado, pasa a facultado: los equipos, constituidos por una persona varias, que realizan trabajo orientado al proceso deben dirigirse a sí mismos; dentro de las limitaciones establecidas para con la empresa. Si tienen que esperar la dirección de un supervisor, para ejecutar sus tareas, entonces no son equipos de proceso. Los procesos no se pueden rediseñar sin facultar a los trabajadores. No basta evaluar únicamente la educación, destrezas y habilidades de quienes son contratados; es indispensable evaluar su carácter, iniciativa, valores, autodisciplina, etc.
- D. La evaluación del desempeño y remuneración es por resultados: en las compañías tradicionales se paga por asistencia al trabajo (tarjetas, listas de asistencia, etc.). El trabajo individual no tiene valor cuantificable. Los salarios básicos, en empresas con procesos rediseñados, permanecen relativamente estables. Las recompensas, por rendimiento, toman forma de bonificaciones y premios; no incrementos salariales.
- E. Los criterios de ascenso cambian de rendimiento a habilidad: una bonificación es la recompensa por un trabajo bien hecho. Un ascenso a un nuevo empleo no lo es. El ascenso debe ser una función de habilidad, no de desempeño; porque se trata de un cambio permanente no de una recompensa.
- F. Los valores cambian de proteccionistas a productivos: La reingeniería conlleva un cambio muy grande; tanto en la cultura de la organización, como en su configuración estructural; exigiendo que los empleados sepan y crean profundamente que trabajan para sus clientes y no para sus jefes. La alta administración debe vivir, apoyar y patrocinar estas declaraciones y valores.
- G. Las estructuras cambian de jerárquicas a planas: cuando todo un proceso se convierte en el trabajo de un equipo, la administración se convierte en parte del oficio del equipo.

H. Los ejecutivos cambian de goleadores a líderes: En las organizaciones tradicionales los gerentes, generalmente están divorciados de las operaciones (se refugian detrás de secretarías y memorandos). En un ambiente rediseñado, la cumplida ejecución del trabajo depende directamente de las actitudes y los esfuerzos de trabajadores facultados; y, no de actos de gerentes funcionales orientados a tareas. Es por eso que los ejecutivos tienen que ser líderes capaces de influir y reforzar los valores y las creencias de los empleados con sus palabras; pero, fundamentalmente, con sus actos.

Analizando la lista de cambios presentada, es posible visualizar que: los oficios cambian; pero también cambian las personas que los realizan: sus vidas, proyecciones, trayectorias, etc. Cambian las relaciones interpersonales, las mediciones del desempeño y el reconocimiento, las estructuras organizacionales y su interacción con el medio.

Ningún programa de cambio, es factible de realizar, si no está apoyado en un vigoroso programa de capacitación; en el estricto sentido del término: "Capacitar a una persona no es enseñarle algo que no sabía; sino hacer de él alguien distinto que no existía" (Pinto, 1992)

El nuevo sistema de cosecha

En la empresa Pantaleón, S.A ocurrió una confluencia de circunstancias que permitieron el diseño y desarrollo de programas, modificaciones y mejoras en todas las áreas y divisiones. Centraremos nuestra atención en los cambios espectaculares ocurridos en las labores de cosecha; pero fundamentalmente en las personas directamente involucradas, los cortadores de la caña de azúcar. A la decisiva participación de ATAGUA e INTECAP, debemos agregar que el apoyo y respaldo de la empresa, a las personas que hicieron posible esta extraordinaria aventura, fue fundamental.

No pretendemos agotar el tema, nos limitaremos a reseñar los cambios más significativos y notorios en la conversión, de la tarea del corte de caña, en un proceso rediseñado. Esto no fue un evento simple ni espontáneo; surgió como resultado de la aplicación de nuevas técnicas y metodologías; en una permanente actividad de enseñanza y aprendizaje para todas las personas involucradas.

“El Instituto Técnico de Capacitación y Productividad –INTECAP-, en 1980; y a solicitud de la Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala -ATAGUA-, inició las actividades previas al adiestramiento para el corte manual y alce mecánico de caña de azúcar, con el machete tipo Australiano”. (Cabarrús & Madrid, 1984)

Estas actividades fueron dos seminarios, sobre el nuevo sistema manual, para el corte de caña; uno para el nivel medio [supervisores] y otro para el nivel ejecutivo, realizados en el ingenio San Diego, Escuintla y en la ciudad capital respectivamente.

Posteriormente el Instituto contrató a un Perito Agrónomo para formarlo como instructor, becándolo al Servicio Nacional de Aprendizaje –SENA-, en Colombia.

El adiestramiento, de cortadores de caña, se inicia en el año 1981 en forma sistemática en varios ingenios del país. El desarrollo de la técnica se orientó hacia las empresas que disponían de alce mecánico. Para las empresas, que no contaban con los equipos necesarios para alce mecánico, ATAGUA solicitó a INTECAP que estableciera los lineamientos para implementar un sistema totalmente manual, corte y alce. El Instituto consciente de esta necesidad procedió a una evaluación de campo durante la zafra 1982/1983; en el ingenio San Diego, Escuintla.

Para esta prueba, con caña quemada cortada con machete Australiano, transportada en carretas tiradas por bueyes y acomodada en maletas atadas con cadenas; se diseñaron dos sistemas:

Sistema A conformado por cinco personas: cuatro cortadores-cargadores y un carretero-cargador.

Sistema B Conformado por tres personas: dos cortadores-cargadores y un carretero-cargador.

Cuando concluyó el programa de adiestramiento que se impartió a los cortadores y carreteros y se llegó a la fase de aplicación en el campo; fue notorio que para las condiciones de San Diego y fincas similares, no se podía aplicar ninguno de los sistemas diseñados, por lo que fue necesario implementar un sistema B modificado; integrado por dos cortadores y un carretero-cargador.

A solicitud de ATAGUA, se evaluó el efecto de la motivación en el rendimiento del cortador con el sistema tradicional (caña sin quemar y machete tradicional, transportada en carretas y maletada); a este grupo se le llamó "Tradicional Motivado". Infortunadamente no se indica si se realizó alguna evaluación antes de la motivación, para comparar los resultados. Se procedió a seleccionar las personas que participarían sobre la base de los requisitos para la nueva actividad: capacidad física, capacidad de aprender y buen récord de servicio en la empresa. Hecha la selección, se desarrolló el programa siguiente:

A. Para el personal del sistema "Tradicional Motivado"

❖	Importancia del cortador en la Empresa	1 hora
❖	Características de un buen corte	3 horas
❖	Pérdidas que ocasiona un mal corte	2 horas
❖	Importancia de un buen corte	1 hora
❖	Beneficios de un buen corte para cortador y empresa	3 horas

TOTAL 10 HORAS

B. Para los nuevos sistemas (A y B)

• Motivación	3 horas
• La personalidad	1 hora
• Conocimiento del machete Australiano	2 horas
• Normas de seguridad de corte	2 horas
• Morfología de la caña	1 hora
• Técnicas de corte	8 horas
• Sistemas de corte	7 horas
• Aplicación del sistema	8 horas
• Colocación de la carreta	1 hora
• Arrume	2 horas
• Recorte	2 horas
• Recogida	1 hora
• Seguridad de alce	2 horas
TOTAL	40 HORAS

Utilizando el sistema B modificado se alcanzó un rendimiento de 3.35 toneladas/día-hombre, en tanto que con el tradicional motivado, el rendimiento fue de 1.27 toneladas/ día-hombre.

Este es el primer intento documentado de introducir cambios en los sistemas tradicionales de corte de la caña de azúcar en Guatemala. Evidentemente no se trataba de un rediseño por su orientación a la tarea (corte y alce); pero se inicia la implementación de programas de capacitación y adiestramiento en este campo. Para esa época ya era notorio el interés de los países vecinos, por conocer lo que se estaba haciendo en Guatemala.

“Entre los días 22 a 25 de Abril visitamos algunos ingenios que forman la industria azucarera de la república de Guatemala. Entre otros era nuestro principal interés conocer el sistema de corte que están estableciendo, en el ingenio San Diego. El sistema incluye el corte con machete australiano y la carga a mano. Recientemente se introdujo la quema de la caña, el corte con machete australiano y el uso de alzadoras, con lo que aumentó la eficiencia del cortador de 1.5 toneladas diarias a 3 toneladas por día promedio.” (Velasco, 1980).

Para desarrollar el nuevo proceso, cada cortador recibe como insumos:

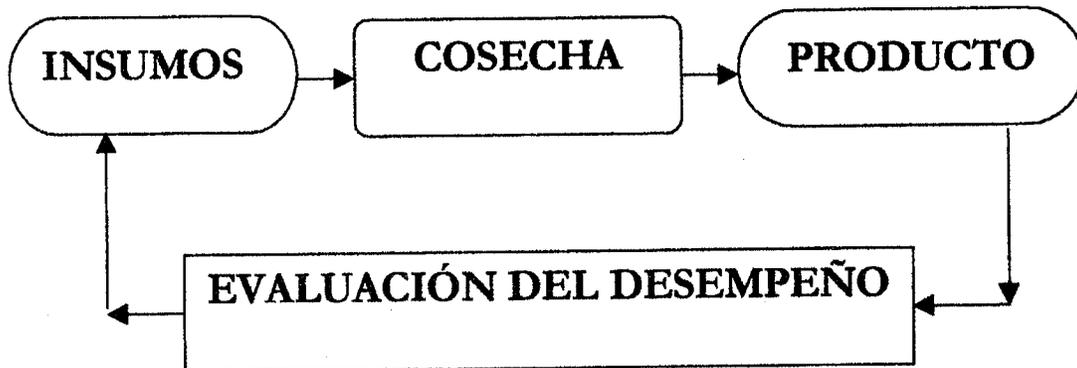
- a) Un machete ergonómico (australiano)
- b) Tres tiempos de comida caliente, basadas en un menú diseñado por dietistas profesionales; balanceado calórica y nutricionalmente. Preparadas, distribuidas y servidas en utensilios apropiados, cumpliendo estrictas normas de higiene y salubridad.
- c) Agua potable y medio litro de suero, para rehidratación oral, en el lugar de trabajo cada día. La preparación de este suero, fue definida con la asesoría del INCAP. Luego de varias pruebas de campo entre los usuarios, sobre la base de: color, sabor y presentación. Se aceptó el color rojo y el sabor de naranja.
- d) Servicio de transporte en bus de la residencia al lugar de trabajo y viceversa todos los días.
- e) Vivienda decorosa en complejos habitacionales con cocina, servicios sanitarios limpios, literas, cajón con llave para guardar sus pertenencias, área de recreación, seguridad y servicio médico - dental.
- f) Programas de capacitación permanente a cargo de monitores, programas de alfabetización y recreación.
- g) Un contrato individual de trabajo por toda la zafra sin la intervención de terceros. Pago por resultados de su trabajo. Prestaciones de ley. Bonificaciones y premios basados en la evaluación de su desempeño.
- h) Una carta de recomendación al finalizar la zafra la que le garantiza su contratación para la próxima zafra; en esta o en otra empresa similar.

- i) Un proceso de contratación directa, sin intervención de contratistas ni habilitadores, que incluye: examen de salud, elaboración de ficha médica, recolección de datos personales, inclusión en el programa de caja de ahorro, programas de inducción, capacitación y recreación.

La actividad del corte de la caña no se refiere solamente al simple hecho de cortarla; se trata de la cosecha con énfasis en la calidad, tanto del producto como de la operación misma. Está conformada por varios procesos previos: adecuación de los terrenos, selección de variedades, prácticas culturales (siembra, cultivo, fertilización, riego, etc.), maduración y quema. Durante el corte, el trabajador debe aplicar todos sus conocimientos bajo la dirección del monitor, para cumplir con los requerimientos de calidad de la caña cortada y dejar el terreno en óptimas condiciones para el brote de la siguiente cosecha (soca o plantilla), esto incluye: corte a ras, despunte adecuado, apilado en posición correcta para facilitar el alce y la circulación del transporte, manejo adecuado de la basura, etc. y continúa con los procesos de alce y transporte. La operación garantiza el aseguramiento de la calidad de la materia prima, caña de azúcar, la que será entregada al ingenio cumpliendo con los requisitos requeridos: caña madura, sana, limpia, sin hojas, puntas, hijos tiernos, etc.

Para cerrar el ciclo del proceso se dispone de la retroalimentación, basada en los resultados de la evaluación del desempeño de todos los involucrados. Estos resultados son utilizados, tanto para corregir y mejorar el desempeño durante la zafra, como para adjudicar los premios y bonificaciones; y, principalmente para la contratación anticipada para la próxima zafra, sobre la base de los resultados de la evaluación.

El proceso rediseñado

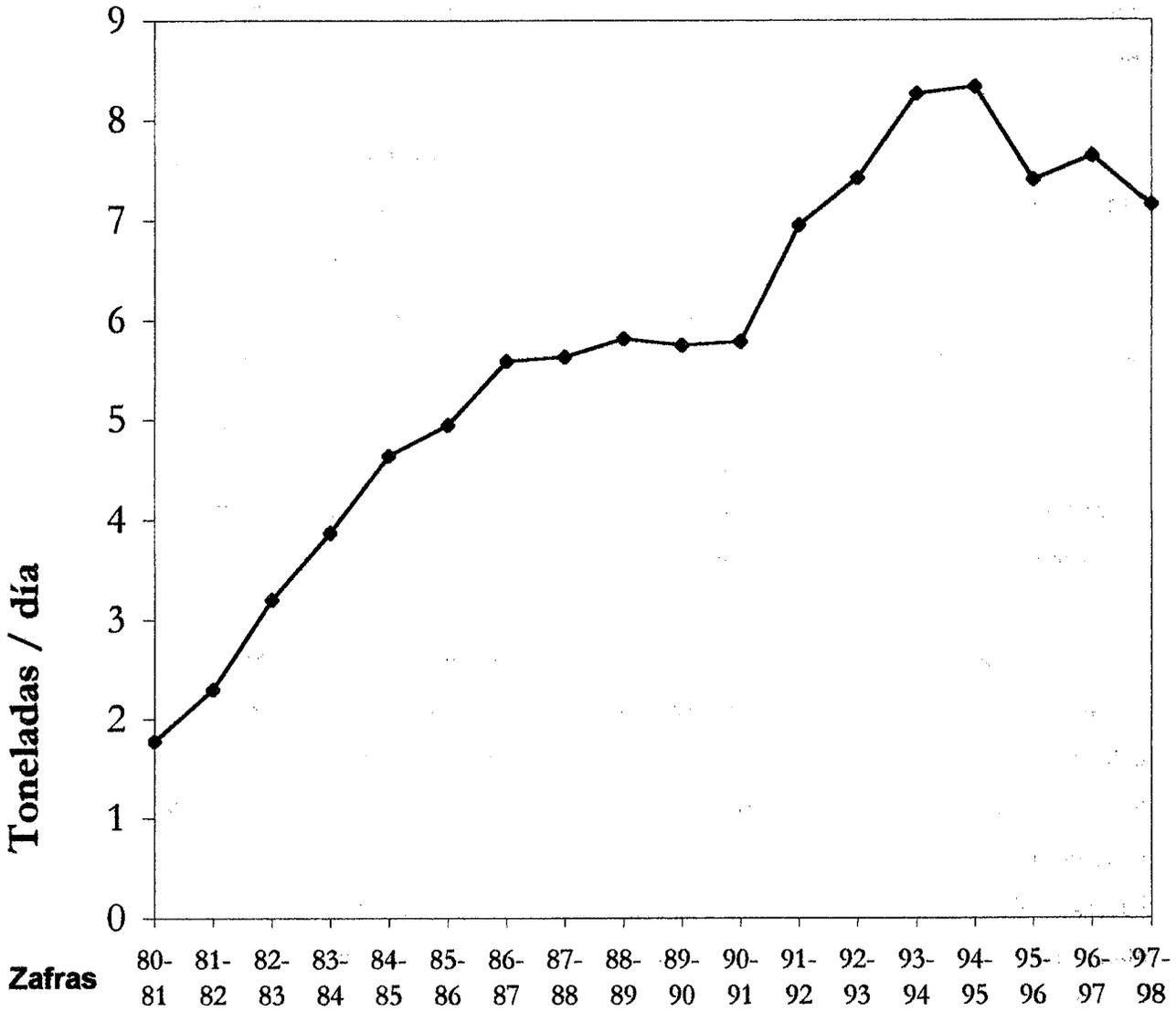


Hermoso ejemplo para quien quiera imitarlo

El sistema tradicional de producción no enfocado en la persona ni en el proceso; en el cual solo importan los resultados inmediatos, no ha sido totalmente erradicado en nuestro país. En la industria azucarera aún persiste en algunos ingenios y en sus divisiones industriales (fábricas); en los que lo urgente siempre ha desplazado a lo importante.

En otro tipo de agroindustria, por ejemplo el café, la situación se refleja con meridiana claridad en la siguiente nota periodística publicada el 29 de abril de 1999, en el matutino Prensa Libre. Urgida por la necesidad de incrementar la productividad (sic) del sector, la Asociación Nacional del Café, ANACAFÉ, se propone negociar la generalización del *pago a destajo* (el *pago a destajo* fue el disfraz de la esclavitud durante la Colonia) y eliminar el salario mínimo. Para un ejemplo de incremento de la productividad se presenta la gráfica 14.

Figura 14 Productividad en toneladas/hombre-día



Los productores de café propondrán al Gobierno y a los trabajadores una nueva política salarial en la que, según ANACAFÉ: cada cual ganará de acuerdo con lo que trabaje. Para incremento salarial espectacular, ver gráfica 15.

El presidente de la entidad dice que esta forma de pago es utilizada en otros países productores de café, que han logrado ser más eficientes y en donde los trabajadores obtienen mayores beneficios.

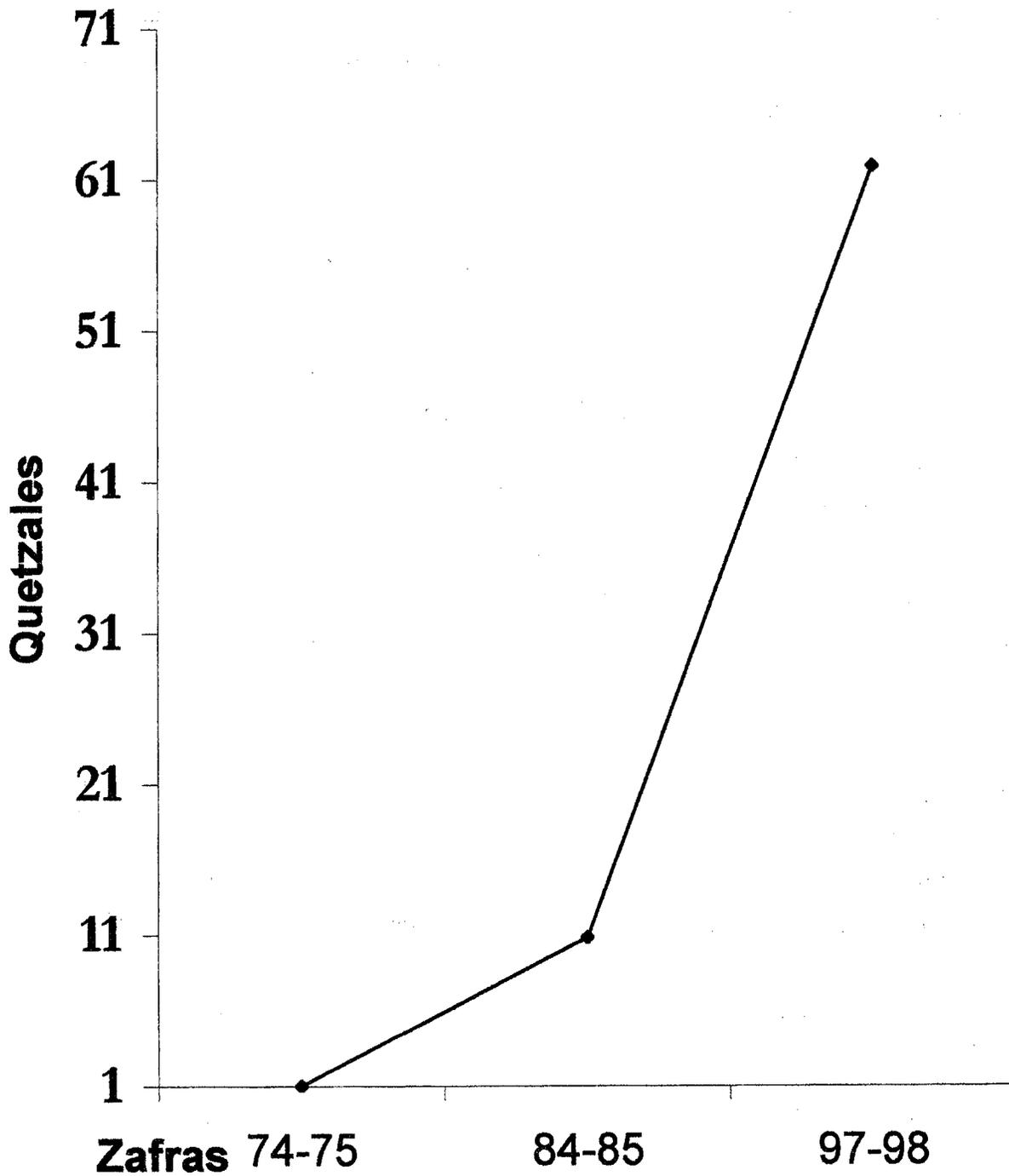
Como era de esperarse, la Central General de Trabajadores de Guatemala (CGTG), basándose en su sempiterna ignorancia, rechaza esta posibilidad; porque el salario mínimo (actualmente es de Q. 19.65 diarios, que es al mismo tiempo el salario por tarea, más Q. 1.20 de bonificación) es injusto con el buen trabajador, pero es la *única garantía* al alcance de los trabajadores, de que les sea reconocida al menos esa cantidad.

En las décadas de 1830 y 1840 los agricultores del altiplano occidental de Guatemala, siguiendo los experimentos hechos en Costa Rica, empezaron con mucho éxito a sembrar y exportar un nuevo producto: el café.

“El colapso del ferrocarril del norte puso de relieve una contradicción fundamental en el concepto de los Liberales sobre la modernización. Una imagen propia de la etapa y de las perspectivas del desarrollo en Guatemala, la cual había sido prestada del exterior, había generado un patriotismo retórico que exigía, como una condición del progreso, la transformación de la cultura nacional en un facsímil tecnológico y estético del desarrollo mundial. En un plano, más negativo todavía, tal complejo llevaba a los líderes a considerar las cosas modernas como intrínsecamente mejores que sus equivalentes locales.” (McCreery, 1987)

Los líderes Liberales demostraban, no solo una presuposición ideológica acerca de la superioridad de las ideas y los individuos extranjeros, sino también asumían que la mayoría de los guatemaltecos, estaban orgánicamente en desventaja para competir con aquellos.

Figura 15: Devengado diario en quetzales



“Desde el punto de vista liberal, el más serio problema social de Guatemala era la composición de la población. Excepto, como mano de obra forzosa, la mayoría de los indios era inútil . . .” (McCreery, 1987)

En contraposición a este nefasto complejo liberal cafetalero aún vigente; otra empresa azucarera del país, aprovechando la apertura, disponibilidad y ejemplo de Pantaleón (ver figura número 16), incorporó y mejoró el proceso rediseñado a sus operaciones, con resultados también espectaculares.

Inducción a cortadores en ingenio Madre Tierra

Como ya es costumbre, cada inicio de zafra nos reunimos con el personal de corte de caña, en los distintos centros habitacionales, para darles la bienvenida, orientarlos é informarles acerca de su importante labor dentro de las actividades de producción de la empresa.

En esta reunión inicial se les indica que los centros habitacionales están provistos de habitaciones con sus camas, colchones, baños, servicios sanitarios, lavadores para su ropa, comedores, áreas recreativas, luz eléctrica, etc. También se les informa que tienen derecho a los tres tiempos de comida, así como sueros de rehidratación oral, los cuales son preparados en nuestra moderna cocina central y llevados a los centros de trabajo y centros habitacionales en modernos vehículos todos los días. Se les informa también, que semanalmente se les proporcionan espectáculos de recreación: música, cine, etc. También se les brinda servicios médico y dental cubriendo emergencias y consultas externas, se les informa que contamos con un moderno servicio de encamamiento de rehidratación parenteral, el cual se ha usado, principalmente, para los casos de cólera; pero que también está previsto para atender otro tipo de emergencias. Además, se les informa que la medicina y el tratamiento los proporciona gratuitamente la empresa.

Tendremos contacto diario con ellos y estaremos pendientes de sus problemas para resolverlos, dentro de nuestras posibilidades, y hacer todo lo que esté en nuestras manos, para que se sientan parte de la familia Madre Tierra. (Publicación interna del Ingenio Madre Tierra, 1995).

Curso para monitores en el ingenio Madre Tierra

En las fechas comprendidas del 2 al 9 de noviembre del año pasado [1994], se realizó el curso para monitores en el corte de caña, con machete australiano. Para el efecto se contó con la coordinación de Relaciones Laborales, Superintendencia de Campo, INTECAP y CENGICA.

Participaron 12 personas, quienes desarrollaron las dos fases de las actividades: teoría y práctica; en jornada diaria de 7:00 A.M. a 13:00 horas, según el siguiente programa:

ACTIVIDAD TEÓRICA	DURACIÓN
RELACIONES HUMANAS	DOS DÍAS
ARITMÉTICA BÁSICA	DOS DÍAS
CONOCIMIENTOS TECNOLÓGICOS DEL MACHETE	UN DÍA
ACTIVIDAD PRÁCTICA	
NORMAS DE SEGURIDAD	UN DÍA
FACTORES DE CALIDAD	UN DÍA
TÉCNICA DE CORTE	UN DÍA

Figura Número 16 Veinte años después

1975	1995
Contratista – Habilidad – Deudas	Contrato individual por toda la zafra
Paupérrimas condiciones de vida	Decorosas condiciones de vida
Pago al grupo, 10% al contratista	Pago individual por resultados
Vigilancia permanente del Caporal	Apoyo permanente del Monitor
Aprendizaje viendo a otros	Proceso de capacitación sistemática
Camina hasta su lugar de trabajo	Transporte en bus todos los días
Ningún reconocimiento a su labor	Evaluación permanente y premios
Dos tiempos de mala comida: frijoles, tortillas, sal y atol de maíz	Tres tiempos de comida nutritiva y de calidad. Suero de rehidratación oral.
Sin prestaciones, ni servicios médicos y sin posibilidad de ahorrar.	Prestaciones completas. Servicio dental y médico. Caja de ahorro
Machete de diferentes formas	Machete ergonómico (Australiano)
Promedio de corte 1.00 Tonelada/día	Promedio Pantaleón 8.33 tonelada/día. El campeón cortó 13.08 toneladas/día
Accidentes de trabajo, mordeduras de serpientes, heridas y cortes por hoja de caña; sin atención médica	Por la quema de la caña y la eficaz capacitación, se redujo drásticamente el índice de accidentes.
Viaja con familia por falta de recursos	Viaja solo y envía dinero a su familia.
Ausencia de camas, baños, letrinas y lavaderos	Servicios de dormitorio, comedores y sanitarios higiénicos

El desarrollo de la agro-industria azucarera nacional

La actividad azucarera en Guatemala, por su alta productividad, competitividad y eficiencia; ocupa un lugar estratégico dentro de la economía del país y del área Centroamericana. En el ámbito nacional, la agro-industria proporciona una alta ocupación de mano de obra, generando actividades colaterales a la misma: comercio, transporte, vivienda, etc. Actualmente la agro-industria azucarera nacional, genera alrededor de 45 mil empleos directos, de los cuales 19 mil, lo constituyen los cortadores de la caña, quienes devengan ingresos superiores al salario mínimo fijado por la ley. Figura 15.

En la zafra 1997/98, los ingenios azucareros, entregaron al sistema nacional de distribución de energía eléctrica, una potencia superior a los 115 MW, lo que significó un aporte de casi un 15 % de la generación de energía eléctrica total del país.

En el sector externo tiene una importancia que se refleja en la balanza comercial del país por el monto de divisas que se perciben. La generación de divisas por la actividad azucarera, en los últimos cinco años, pasó a ocupar el segundo lugar, después del café. Esto, como consecuencia del énfasis puesto por los ingenios en la búsqueda de la excelencia en sus operaciones y la mejora de la calidad, tanto en los procesos como en el producto final.

La agro-industria azucarera de Guatemala, está constituida por 17 ingenios, todos privados y asociados, que conforman la Asociación de Azucareros de Guatemala -ASAZGUA-. La capacidad instalada para la molienda diaria, oscila desde las 400 toneladas cortas por día; hasta las 18,000 toneladas cortas por día (ingenio Pantaleón), para un total superior a las 130,000 toneladas cortas de molienda diaria.

El área cañera, con excepción de los ingenios: Santa Teresa y La Sonrisa, está ubicada en los departamentos de Escuintla, Suchitepequez y una parte de Retalhuleu. Se estima en 183 mil hectáreas el área sembrada, las que produjeron en la zafra 1997/98 arriba de los 19 millones de toneladas cortas de caña; con una producción superior a los 38 millones de quintales de azúcar (38,951,245); de los cuales, alrededor del 70% se destina a la exportación (azúcar crudo en la totalidad y una parte del azúcar blanco).

“En Guatemala, la producción de azúcar se ha movido en la dirección ascendente con mayor frecuencia que en la descendente. Gráfica 17. Los factores tecnológicos, que incluyen: novedosas prácticas agrícolas, desarrollo de nuevas variedades, sistemas de cosecha mecanizada, incremento en la eficiencia de las operaciones, capacitación eficaz, etc. han sido fundamentales en este incremento de la producción nacional de azúcar.” (AZASGUA, 1997)

Frente a los desafíos que impone el proceso de apertura y globalización de la economía, la agro-industria azucarera nacional, ha respondido desarrollando y consolidando sus programas y proyectos, lo que le ha permitido mantener y mejorar su competitividad: en cultivo y fabricación; tanto a escala regional, como mundial. El desarrollo alcanzado por la agro-industria azucarera nacional, ha permitido a Guatemala, ubicarse dentro del principal grupo de exportadores del mundo, ocupando el tercer lugar, en América Latina, después de Brasil y Cuba; y el séptimo en el ámbito mundial.

Guatemala produce el 52.54 % del azúcar de Centro América (incluido Panamá); contribuyendo con el 67.11 % de las exportaciones centroamericanas de azúcar. Esto la convierte en el tercer exportador y el quinto productor de América Latina.

No ha sido fácil lograr estos incrementos en la producción, pero se han alcanzado, gracias al rediseño de los procesos en todo el sector productivo.

Gráfica 17: CRECIMIENTO AGROINDUSTRIA NACIONAL

