



Universidad Nacional Autónoma  
de México



Facultad de Estudios Superiores  
CUAUTITLÁN

**"CE ACATL, UNA ALTERNATIVA ELECTRONICA PARA  
EL CONTROL OPERATIVO Y FINANCIERO EN LA  
PRODUCCION DE CAÑA DE AZUCAR  
(Saccharum officinarum).**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A N  
JOSE VALENTIN QUIROZ ZAMORA  
MISAEEL GUTIERREZ ZAGAL

Asesor: **ING. RAFAEL RODRIGUEZ CAMACHO**

Coasesor: **ING. ALFONSO DELGADO ANTUNEZ**

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

1993

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE.

### RESUMEN.

1	INTRODUCCION.	1
1.1	OBJETIVOS.	5
2	MARCO DE REFERENCIA.	6
2.1	LA CAÑA DE AZUCAR ( <i>Saccharum officinarum</i> ).	6
2.1.1	Descripción botánica.	6
2.1.2	Taxonomía.	9
2.1.3	Aspectos fisiológicos.	10
2.1.4	Variedades.	14
2.2	EL AREA DE ESTUDIO.	16
2.2.1	Situación geográfica.	18
2.2.2	Investigación.	19
2.2.3	Asistencia técnica.	19
2.2.4	Organización cañera.	20
2.2.5	Competencia con otros cultivos.	20
3	RECURSOS.	21
3.1	CLIMA.	21
3.1.1	Temperatura.	21
3.1.2	Precipitación.	22
3.2	SUELO.	22
3.2.1	Suelos.	22
3.2.2	Indíces de pedregosidad.	23
3.2.3	Superficies en cultivo.	24
3.3	AGUA.	25
3.3.1	Infraestructura hidráulica.	25
3.3.2	Disponibilidad actual y potencial.	26
3.4	MAQUINARIA AGRICOLA.	27
4	EL PROCESO PRODUCTIVO.	28
4.1	PREPARACION DE TIERRAS.	30
4.2	SIEMBRAS.	31
4.3	LABORES CULTURALES.	33
4.4	APLICACION DE INSUMOS.	35
4.4.1	Fertilizantes.	35

4.4.2	Herbicidas. . . . .	36
4.4.3	Insecticidas. . . . .	37
4.4.4	Control de enfermedades. . . . .	38
5	LA FABRICA. . . . .	39
5.1	RASGOS HISTORICOS. . . . .	39
5.2	CAPACIDAD DE MOLIENDA TEORICA. . . . .	40
5.3	LA MOLIENDA EFECTIVA. . . . .	41
6	INTERACCION CAMPO - FABRICA. . . . .	43
6.1	LA ZAFRA. . . . .	44
6.1.1	Programación de la zafra. . . . .	44
6.1.2	La zafra real. . . . .	46
7	RECURSOS FINANCIEROS. . . . .	50
7.1	FINA, SNC. . . . .	50
8	NECESIDADES DE UN SISTEMA DE CONTROL. . . . .	53
9	DESARROLLO DE CE ACATL. . . . .	54
9.1	EL MEDIO AMBIENTE ELECTRONICO. . . . .	54
9.1.1	Hardware. . . . .	54
9.1.2	Software. . . . .	55
9.2	ANALISIS DE SISTEMAS. . . . .	56
9.2.1	ANALISIS DE OBJETIVOS. . . . .	56
9.2.1.1	Objetivos. . . . .	56
9.2.1.2	Alcances. . . . .	57
9.2.1.3	Características. . . . .	57
9.2.1.4	Beneficios. . . . .	58
9.2.2	ANALISIS FUNCIONAL. . . . .	58
9.2.2.1	Requerimientos funcionales. . . . .	58
9.2.2.2	Entradas/Salidas. . . . .	60
9.2.3	ANALISIS DE DATOS. . . . .	61
9.2.3.1	Conceptos básicos. . . . .	61
9.2.3.2	Estructura de información. . . . .	64
9.3	DISEÑO DE SISTEMAS. . . . .	65
9.3.1	DISEÑO ESTRUCTURAL. . . . .	66
9.3.1.1	Estructuras del sistema. . . . .	66
9.3.1.2	Descomposición modular. . . . .	67

9.3.1.3	Interfases entre módulos. . . . .	67
9.3.2	DISEÑO DE BASES DE DATOS. . . . .	67
9.3.2.1	Modelo conceptual. . . . .	68
9.3.2.2	Implementación física. . . . .	70
9.3.3	DISEÑO DETALLADO. . . . .	72
9.3.3.1	Algoritmos. . . . .	72
9.4	PROGRAMACION DE SISTEMAS. . . . .	75
10	EL PROCESO PRODUCTIVO BAJO LA ALTERNATIVA CE ACATL. . . . .	76
10.1	CALENDARIZACION. . . . .	76
10.1.1	CALENDARIOS AGRICOLAS. . . . .	76
10.1.1.1	Operativo. . . . .	76
10.1.1.2	De insumos. . . . .	78
10.1.1.3	De cosecha. . . . .	78
10.1.2	CALENDARIOS FINANCIEROS. . . . .	79
10.1.2.1	Requerimientos financieros. . . . .	79
10.1.2.2	Ministración del crédito. . . . .	80
10.1.2.3	Amortización del crédito. . . . .	81
10.2	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD. . . . .	82
10.2.1	Rendimientos. . . . .	82
10.2.2	Determinación del valor de la caña. . . . .	83
10.2.3	Redituabilidad. . . . .	84
10.2.4	Volumen a industrializar. . . . .	85
10.2.5	Límite crediticio del ingenio. . . . .	86
10.3	ACTUALIZACIONES PARA NUEVAS PROYECCIONES. . . . .	86
10.3.1	Superficies cultivadas. . . . .	87
10.3.2	Indices de realización. . . . .	87
10.3.3	Actualización de costos. . . . .	87
10.3.4	Reproyección. . . . .	88
10.4	CONTROL DEL CAMPO CAÑERO. . . . .	89
10.4.1	Integración de superficies. . . . .	89
10.4.2	Control de renovación de cepas. . . . .	91
10.4.3	Control de crecimiento del campo cañero. . . . .	91
11	CONCLUSIONES. . . . .	92
12	BIBLIOGRAFIA. . . . .	93

## RESUMEN:

El presente trabajo se divide en dos partes. En la primera se pretende proporcionar una visión concreta de la caña de azúcar, su descripción botánica y taxonómica, sus principales aspectos fisiológicos y sus diferentes variedades. Se revisan los recursos disponibles en el área de estudio, para insertar el proceso productivo de la caña de azúcar en este contexto. Desde la perspectiva del campo cañero como totalidad, se analizan sus relaciones con la fábrica, a través de la zafra programada y la zafra real. Se mencionan las características de la fuente financiera principal, para finalizar en la necesidad inmediata de un sistema para controlar la convergencia operativa y financiera de los múltiples procesos productivos parcelarios en un intervalo de tiempo específico.

En la segunda parte, utilizando la metodología de Análisis de Sistemas, se desarrolla un sistema de información (Ce Acatl) que representa una alternativa de solución a la problemática del campo cañero en su contexto. Una parte del sistema trabaja con información real y otra, con información simulada por medios estadísticos, pero finalmente proporciona requerimientos operativos y financieros del cultivo, a nivel de proyección y datos históricos sobre actividades realizadas en campo y fábrica.

## 1 INTRODUCCION:

García Espinoza señala que: "Hacia 1519 Cortés trajo la caña de azúcar de Cuba a México asentándola en San Andrés Tuxtla, Ver. y para el año de 1524 inició la instalación del primer trapiche...".<sup>1</sup> Estos son los primeros antecedentes sobre el inicio de la Industria Azucarera en México, la que nace con la conquista.

Con el paso del tiempo esta industria ha evolucionado hasta convertirse en uno de los rubros más importantes de la economía nacional. En la zafra 1990/1991, por ejemplo, participaron 64 ingenios azucareros distribuidos en 15 estados de la República. En conjunto molieron 37'322,969 toneladas de caña, cosechadas en 566,317-00 has. con rendimientos promedio de 65.9 ton/ha.<sup>2</sup> El azúcar obtenido fue de 3'658,441 ton.

La producción de caña en México está destinada principalmente a la elaboración de azúcar, y en menor escala, a la producción de alcohol y otros derivados. En este sentido se pueden definir dos componentes fundamentales: el campo cañero y la fábrica procesadora de la caña de azúcar. Las relaciones entre estos dos elementos son tan estrechas que las variaciones que pudiera sufrir una parte, afectan por necesidad a la otra. Cuando las variaciones entre los componentes son mínimas y controlables, se dice que existe un equilibrio campo-fábrica.

Para organizar el cultivo de la caña de azúcar, su cosecha y su molienda, los ingenios azucareros elaboran programas de campo y fábrica. Estos programas son, además, el soporte financiero.<sup>3</sup> Sin embargo, en su desarrollo esos programas son rápidamente rebasados por la dinámica de los campos cañeros y por las condiciones operativas de cada fábrica. La interacción de las variaciones

---

<sup>1</sup>García Espinoza, A. *Manual de Campo en caña de azúcar*. Serie Divulgación Técnica, IMPA, México, 1984. P. 19.

<sup>2</sup>"Evaluación de los Resultados de la Zafra 1990/91 de la Gerencia Técnica de Campo". FINA, SNC, Agosto de 1991.

<sup>3</sup> García Espinoza, A. *Op. Cit.* P. 191.

-ambientales, de manejo del cultivo y entre el campo y la fábrica- se encargan de hacer obsoleto cada programa en poco tiempo, no quedando otro recurso que atender los campos cañeros de acuerdo a la forma en que se presentan las necesidades inmediatas. Lo mismo ocurre con la zafra: ésta se desarrolla al ritmo de las variaciones en la cosecha y la molienda.

Desde esta perspectiva, podemos asumir que la falta de operatividad de esos programas se debe a que son creados para cumplir objetivos administrativos, mas no técnicos, con el agravante de que carecen de metodología. En este sentido, el cultivo de la caña y la zafra en México obedecen más a una inercia salpicada de variaciones que a actividades programadas. Bajo esta dinámica los avances tecnológicos penetran lentamente, lo que explica en parte los incrementos paulatinos en los rendimientos; pero son, sin embargo, los aumentos de la superficie en cultivo los que realmente determinan los incrementos en la producción de caña y de azúcar.<sup>4</sup> En estas condiciones el cultivo de la caña es más extensivo que intensivo, aunque en teoría los programas de producción tratan de revertir esa tendencia.

El objetivo principal de este trabajo es organizar y controlar el proceso productivo y la zafra de la caña de azúcar a partir de las condiciones vigentes en un ingenio azucarero y su zona de abastecimiento, por medio de un Sistema de información (Ce Acatl) desarrollado en dos niveles: El conceptual y el electrónico.

En el primer nivel se crea el modelo conceptual y en el segundo, se traslada ese modelo a lenguaje de computadora. El resultado es una herramienta de cálculo de uso universal dentro del mundo compatible de las microcomputadoras.

"En el sentido más amplio, un sistema es simplemente un conjunto de componentes que interactúan para alcanzar algún objetivo."<sup>5</sup> En el estudio del sistema es necesario definir elementos controlables y no controlables. Los elementos

---

<sup>4</sup>Gallaga, R. AZUCAR : Tiempos Perdidos. Ed. El Caballito, México, 1984. Pp. 63-65.

<sup>5</sup>Seen, James. Análisis y Diseño de sistemas de información. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de México. México, 1988. P. 11.

controlables quedan conformados por los programas de operaciones agrícolas, de adquisición y aplicación de insumos, de disponibilidad y uso de maquinaria agrícola. En la zafra, los tiempos de permanencia en campo para cada uno de los ciclos -plantas, socas y resocas- enlazados con la molienda efectiva de la fábrica. Los elementos fuera de control son los recursos humanos, de los que sin embargo se reconocen sus influencias determinantes.

El análisis de todos los elementos permite conocer sus interrelaciones, mismas que definen la estructura del sistema. Cuando se hace necesaria la inducción de información, se abarca la categoría de los sistemas expertos, como en éste caso.

Cuando el Sistema está en operación se manipulan grandes volúmenes de datos, con un mínimo de entradas y una gran cantidad de resultados. Esta información conduce por necesidad a la realización de una serie de trabajos más analíticos por parte de los técnicos responsables de la operación en cada ingenio azucarero.

Puede afirmarse que el proceso manual de la información -considerando las dimensiones de un ingenio como un sistema cerrado- implica la necesidad de contar con un personal amplio y especializado. Aún así, los resultados pueden ser tardíos e inexactos dada la complejidad del campo cañero y sus relaciones con la fábrica.

El beneficio más importante de Ce Acatl es la obtención de una programación de actividades agrícolas por medio de proyecciones. Un Sistema con estas características aporta una capacidad ilimitada de proyectar cada ciclo de caña en cultivo, de sus rendimientos en campo, de los estimados de producción, etc., todo eso con un mínimo de tiempo y con alto grado de confiabilidad.

Una organización y control eficientes sobre el proceso productivo de la caña nos conduce a una evaluación confiable de los requerimientos económicos. Por ello el Sistema se complementa con análisis de factibilidad y de recuperación del crédito, lo que constituye otro de los objetivos.

La zona cañera del ingenio San Sebastián, S. A., se seleccionó como el lugar de desarrollo de la tesis por las siguientes razones:

- a) Gran parte de su problemática es afín a la de los demás ingenios del país, no obstante posee particularidades fundamentales como zonas climáticas diferenciadas, problemas de pedregosidad en sus campos, superficies con cosecha intermitente, etc.
  
- b) Existe un conocimiento de la problemática del ingenio y de su campo con cierto grado de detalle, producto de varias visitas al ingenio y a su zona cañera.
  
- c) Su personal ha brindado todas las facilidades para la obtención de la información necesaria.

**1.1 OBJETIVOS:**

- 1) Desarrollar un Sistema de información (Ce Acatl).
- 2) Organizar la producción de caña de azúcar en el ingenio San Sebastián, S. A.
- 3) Proyectar los requerimientos operativos y financieros de la producción.
- 4) Establecer un control de las operaciones agrícolas y financieras en base a las proyecciones.
- 5) Evaluar los requerimientos financieros en términos de factibilidad.

## 2 MARCO DE REFERENCIA.

### 2.1 LA CAÑA DE AZUCAR.

La teoría mas aceptada sitúa a la Nueva Guinea como el origen de la caña de azúcar<sup>6</sup>. Colón, en su segundo viaje a América, la llevó de las islas Canarias a lo que ahora es la República Dominicana, y ya para el Siglo XVI se encuentra establecida en México, Cuba, Brasil y Perú entre otros<sup>7</sup>.

#### 2.1.1 Descripción botánica.

Tallo. El tallo de la caña de azúcar es de forma cilíndrica, compuesto de elementos sucesivos (canutos) que varían en longitud y grosor. Estos canutos contienen un nudo y un entrenudo cada uno<sup>8</sup>. El tallo tiene yemas laterales alternas y una yema apical. Las yemas laterales se encuentran protegidas por la base de cada vaina foliar<sup>9</sup>.

La parte subterránea del tallo se adelgaza y de las yemas laterales de esta porción se desarrollan los brotes. De la base hacia la parte superior el tallo también se adelgaza, y en la yema apical se encuentra el punto de crecimiento<sup>10</sup>.

El tallo es la parte de la planta que se utiliza en la industria azucarera. Su longitud varía de 1.5 a 4.0 metros con diámetros de 2.5 a 3.5 cm pesando de 300 gr. hasta 6 kg. Todo esto, incluyendo las diferentes tonalidades, dependen de la variedad<sup>11</sup>.

---

<sup>6</sup>Fauconnier, R. (et al). *Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Ed. Blume, Barcelona, España, 1975. Pp. 15-16.

<sup>7</sup>P. Humbert, R. *El cultivo de la caña de azúcar*. Ed. CECSA, 4a. impresión. México, 1980. Pp. 8-13.

<sup>8</sup>*Ibid.* Pp. 15-16.

<sup>9</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* Pp. 15-16.

<sup>10</sup>P. Humbert, R. *Op.cit.* Pp. 46-48.

<sup>11</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* Pp. 15-16.

En una cepa de caña adulta se encuentran tallos con diferentes diámetros, alturas y edades. Los contenidos de azúcar en ellos varían no solo de un tallo a otro sino también en un mismo tallo y aún dentro de la unidad nudo-entrenado<sup>12</sup>.

Raíz. La caña de azúcar presenta dos tipos de raíces: de estaca y del tallo. Las primeras, de corta vida, nacen a partir de los primordios situados a la altura de las yemas y su función es la de alimentar la plántula. Estas raíces son delgadas y muy ramificadas.

Las raíces del tallo sustituyen a las raíces de estaca; son primero blancas, mas carnosas y menos ramificadas. Evans, citado por Fauconnier<sup>13</sup>, distingue tres tipos de raíces: superficiales, que son ramificadas y absorbentes; de apoyo o fijación, mas profundas, y raíces de cordón, que pueden alcanzar hasta 5 m. de profundidad.

En una cepa bien desarrollada, aproximadamente el 50% de la masa radicular queda contenida en los primeros 25 cm. de profundidad y el 90% dentro de los primeros 60 cm<sup>14</sup>. El sistema radicular de las socas es menos desarrollado que el de las plantas. Evans, citado por Humbert<sup>15</sup>, señala que el sistema radicular después del corte puede permanecer activo durante un tiempo considerable, pero gradualmente va cesando su actividad y se pudre, formándose un nuevo sistema que alimenta a los siguientes brotes.

Las causas básicas que inciden en la disminución de los rendimientos en los cortes sucesivos son, según Fauconnier, la acumulación de partes muertas en la cepa y la proliferación de brotes poco vigorosos<sup>16</sup>.

Hoja. Las hojas son láminas largas, delgadas y planas que se sostienen por la nervadura central. Poseen dos estructuras: la

---

<sup>12</sup>*Ibid.*

<sup>13</sup>*Ibid.* P. 17.

<sup>14</sup>*Ibid.* Pp. 15-16.

<sup>15</sup>P. Humbert, R. *Op.cit.* P. 40.

<sup>16</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* Pp. 17-19.

vaina y el limbo, unidos por una articulación llamada collar en su parte externa y garganta en la interna. La vaina es tubular y envolvente; su cara externa es comúnmente pubescente sin nervadura central. El limbo es tendido, con anchuras que varían, de 2 a 10 cm. y longitudes de 60 a 150 cm.

Las estructuras que componen el collar y su pubescencia sirven, en su madurez, para identificar las diferentes variedades. Artschwager, citado por Fauconnier<sup>17</sup>, define las siguientes formas: rectangular o cuadrado, deltoide o triangular y ligular. Otras estructuras presentes en las hojas son las lígulas y las aurículas. Las lígulas son apéndices de la hoja situadas entre ésta y la vaina. Son translúcidas en las hojas jóvenes y con el tiempo se secan. Son asimétricas con cuatro tipos principales: deltoide, lineal, en media luna y en arco.

Las aurículas son apéndices situados en el vértice y a los lados de la vaina. Son de dos tipos: deltoides o lineares y pueden presentarse las dos, una o ninguna.

El número de hojas aumenta en la planta con su desarrollo, llegando, según la variedad, a un máximo de 10 a 15. Con la aparición de nuevas hojas, las más viejas se secan, mueren y se desprenden de la planta.

flor. Las flores de la caña de azúcar son flores perfectas, hermafroditas con un solo ovario y dos estigmas plumosas. El conjunto de flores constituye una panoja muy ramificada cuyo tamaño, según la especie y la variedad, va de 30 a 90 cm<sup>18</sup>.

La panoja queda conformada por un eje principal en el que se insertan los ejes laterales primarios, y a éstos se unen ejes secundarios y aún terciarios. La base de la ramificación es más gruesa en la base y se adelgaza hacia el vértice. Las espiguillas quedan dispuestas por pares en cada articulación, pero una es sésil y la otra pedunculada. Cada espiguilla encierra un verticilo con pelos largos que dan un aspecto sedoso a la inflorescencia<sup>19</sup>.

---

<sup>17</sup> *Ibid.*

<sup>18</sup> P. Humbert, R. *Op.cit.* P. 489.

<sup>19</sup> Fauconnier, R. *Op.cit.* P. 19.

Semilla. Hasta el año de 1888, en que se descubrió que las semillas de la caña podían ser fértiles, la única forma de propagar esta planta era por medio de estacas<sup>20</sup>. A partir de entonces, en las estaciones de hibridación se utilizan las semillas verdaderas para la formación de nuevas variedades.

La semilla de la caña de azúcar es una carióspside en extremo pequeña. Humbert<sup>21</sup> reporta que una semilla de tamaño promedio pesa aproximadamente la centésima parte de un grano de trigo al cual se parece en miniatura.

### 2.1.2 Taxonomía.

Fauconnier<sup>22</sup> distingue dos categorías de cañas: las azucareras y las no azucareras. Las primeras, de hábitat tropical y subtropical, se denominan cañas nobles. Caracterizadas por tallos gruesos, ricos en jugos azucarados y bajos contenidos de fibra.

Las segundas no contienen azúcar. Son hierbas altas y vigorosas; crecen espontáneamente en los trópicos y se reproducen por semillas sexuales.

En su conjunto, esas cañas forman el género *Saccharum* Linneo, con cinco especies: *S. officinarum*, *S. barberi*, *S. sinensi*, *S. spontaneum* y *S. robustum*.

Se ha sugerido a *S. robustum*, originaria de la Nueva Guinea y otras islas del Pacífico, como el ancestro sexual con mayor parentesco a *S. officinarum*<sup>23</sup>, si bien las nuevas técnicas de investigación podrían situar a *S. officinarum* más cercana al *Sorghum spp*<sup>24</sup>.

García<sup>25</sup> da la siguiente clasificación de la caña de azúcar:

---

<sup>20</sup>Ibid. P. 13.

<sup>21</sup>P. Humbert, R. *Op.cit.* P. 489.

<sup>22</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* P. 26.

<sup>23</sup>Vara, F. (et.al). *Agrotecnia de la caña de azúcar*. Empresa Editorial Oriente, Santiago de Cuba, 1979. Pp. 22-24.

<sup>24</sup>R. Fauconnier, R. *Op.cit.* P. 26.

<sup>25</sup>García Espinosa, A. *Op.cit.* Pp. 10-11.

Reino .....: Vegetal  
 División .....: Fanerógamas  
 Subdivisión ....: Angiospermas  
 Clase .....: Monocotiledóneas  
 Orden .....: Zácates o Glumíferas  
 Familia .....: Gramíneas  
 Subfamilia .....: Panicoideas  
 Tribu .....: Andropogoneas  
 Subtribu .....: Sacarineae  
 Género .....: Saccharum

### 2.1.3 Aspectos fisiológicos.

Germinación de semillas sexuales. La germinación de las semillas sexuales de la caña, bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, se da en dos días. Camargo<sup>26</sup> señala las siguientes fases de la germinación y el desarrollo de las plántulas:

DIA	FASES
2do.	Nace la raíz primaria
3ro.	Nace el coleóptilo
7mo.	Nace la primera hoja, rompiendo el coleóptilo
10mo.	Nace la segunda hoja

Germinación de yemas. Con suficiente temperatura, humedad y niveles de Nitrógeno, las yemas de un trozo de caña originan nuevos tallos y sus primordios radiculares, nuevas raíces<sup>27</sup>. La óptima germinación, según García<sup>28</sup>, se obtiene entre los 32 y los 38°C; alrededor de los 21°C es marginal y por debajo de los 10°C se paraliza.

La germinación se caracteriza por un incremento en la velocidad de la respiración. En suelos pesados muy húmedos la aereación es limitada, lo que inhibe o retarda la germinación; en suelos arenosos la falta de humedad también la retarda. Los suelos

<sup>26</sup>P. N. Camargo. *Fisiología de la caña de azúcar*. Traducido y complementado por Ortiz Villanueva, B. Serie divulgación técnica del IMPA, folleto No. 6. México, 1976. Pp. 4-5.

<sup>27</sup>*Ibid.* Pp. 5-6.

<sup>28</sup>García Espinoza, A. *Op.cit.* Pp. 31-35.

porosos tienen la mejor aereación, y en éstos, si existe la humedad suficiente, se logra una buena germinación de las yemas<sup>29</sup>.

En las cañas utilizadas como semilla se distinguen dos tipos de estacas: las de punta (estacas semilla) y las de tallo ya maduro. Durante el crecimiento, la abundante producción de auxinas en la yema apical inhibe la germinación de las yemas laterales (dominancia apical). Si una caña semilla es sembrada entera, la dominancia apical también se manifiesta, germinando las yemas de la punta y las de la base del tallo, que no sufren el efecto de la dominancia. En una caña semilla, para obtener el máximo de germinación, los mejores trozos son los de tres yemas, en los que la inhibición desaparece<sup>30</sup>.

Crecimiento y desarrollo. Grajales<sup>31</sup> define el crecimiento, de acuerdo con algunos fisiólogos, como el aumento irreversible en tamaño, el que comúnmente se asocia a un aumento de materia seca y peso fresco e incluye la división y el alargamiento celulares. El desarrollo, como señala la misma autora<sup>32</sup>, es un proceso gradual que va acompañado por un aumento en el tamaño y peso que involucra la aparición de nuevas funciones y estructuras, pérdida de las primeras y cambios en la velocidad de crecimiento, que disminuye o cesa cuando se alcanzan las dimensiones en la madurez.

En la caña de azúcar, como en las demás monocotiledóneas, las zonas de crecimiento se sitúan en la yema apical y en las áreas cercanas a los nudos.

La ausencia del crecimiento secundario en el tallo de la caña permite correlacionar las variaciones entre la elongación y el volumen como medida del crecimiento<sup>33</sup>.

Los principales factores que influyen en el crecimiento son la

---

<sup>29</sup>P. N. Camargo. *Op.cit.* Pp. 5-6.

<sup>30</sup>*Ibid.*

<sup>31</sup>Grajales Muñiz, O. *Manual de fisiología vegetal.* FES-C UNAM, Ing. Agrícola. P. 125.

<sup>32</sup>*Ibid.* P. 126.

<sup>33</sup>P. N. Camargo. *Op.cit.* P. 3.

variedad, la edad, la humedad, la temperatura, la luz y la disponibilidad de nutrientes.

**Amacollamiento.** Por su modo de amacollamiento o ramificación subterránea, las gramíneas se dividen en dos grupos. Las que forman cepas y las que forman esteras o rizomas. La caña de azúcar pertenece a las primeras. En esta planta los rizomas se ramifican durante un tiempo y después producen ramificaciones verticales (nuevos tallos). El conjunto de ramificaciones forma la cepa<sup>34</sup>.

Los factores que intervienen en el amacollamiento son la variedad, la luz, la temperatura, los nutrientes, la humedad, el espaciamiento entre surcos y entre plantas, y es regulado por las auxinas<sup>35</sup>.

**Nutrición.** En períodos de sequía la caña manifiesta una capacidad foliar de aprovechamiento de la humedad que puede ser usada para fertilizaciones aéreas, pero la absorción de elementos minerales en solución y de agua se da principalmente a nivel radicular. Si las condiciones del suelo son adecuadas, el desarrollo de las raíces es mayor en las zonas más húmedas y ricas en nutrientes<sup>36</sup>.

El complejo de elementos utilizados por la caña para su crecimiento y desarrollo puede dividirse en tres grupos: los elementos mayores, los elementos secundarios y los elementos menores.

Los elementos mayores (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) son consumidos por las plantas en mayores cantidades de los suelos. Por esa razón, el continuo cultivo de la caña demanda la aportación de esos elementos en forma de fertilizantes.

Los elementos secundarios quedan constituidos por el Calcio, el Magnesio y el Azufre, y aunque también son esenciales y se consumen en cantidades relativamente grandes, solamente en casos aislados se restituyen debido a que los suelos generalmente los contienen en cantidades suficientes.

---

<sup>34</sup> *Ibid.* Pp. 12-13.

<sup>35</sup> *Ibid.* Pp. 15-16.

<sup>36</sup> Fauconnier, R. *Op.cit.* P. 21.

Si bien los elementos menores (Fierro, Manganeso, Boro, Zinc, Cobre, Molibdeno y Cloro) son esenciales, las plantas los toman en muy pequeñas cantidades para satisfacer sus necesidades<sup>37</sup>. Solamente en condiciones especiales son agregados estos elementos a los suelos.

Carbohidratos. La caña de azúcar es una de las plantas de mayor eficiencia fotosintética y de las que fijan más bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por unidad de superficie. Por su capacidad de sintetizar como primer producto de fijación del CO<sub>2</sub> ácidos de 4 carbonos (Málico y Aspártico) se denominan plantas C-4<sup>38</sup>.

Los productos finales de la fotosíntesis son azúcares de 5 y 6 átomos de carbono. Hart, citado por Camargo<sup>39</sup>, señala que la glucosa fosforilada es convertida en fructuosa-monofosfato y después en fructuosa-difosfato. Esta se combina con glucosa libre, formando sacarosa-fosfato. Un receptor que puede ser tiamina o riboflavina, produce la fosforilación de la sacarosa formándose entonces la sacarosa libre.

La sacarosa y los azúcares reductores -glucosa y fructuosa-sintetizados en las hojas se translocan día y noche a todas las partes de la planta a través del floema, siendo la sacarosa el principal azúcar transportado. Los polisacáridos como el almidón no se translocan<sup>40</sup>.

La planta utiliza una parte de los azúcares para la respiración y otra para la formación de tejidos de sostén. Las reservas son enviadas al tallo y pueden aumentar en toda la vida de la caña, pero si las condiciones ambientales varían de una sequía fría hacia un calor húmedo pueden ser puestas nuevamente en circulación<sup>41</sup>.

Respiración. La respiración, vista en esencia, consiste en la

---

<sup>37</sup>García Espinoza, A. *Op.cit.* Pp. 105-107.

<sup>38</sup>Grajales Muñoz, O. *Op.cit.* P. 104.

<sup>39</sup>P. N. Camargo. *Op.cit.* Pp. 35-39.

<sup>40</sup>*Ibid.*

<sup>41</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* P. 21.

oxidación de la materia orgánica y es el inverso de la asimilación. La respiración se da en todos los tejidos vivos de la planta, pero es más intensa en los más jóvenes. Su velocidad disminuye con la edad de la planta<sup>42</sup> y varía con la temperatura. Entre los 34 y los 37°C es máxima<sup>43</sup>.

**Transpiración.** Las pérdidas de agua en la caña de azúcar son por transpiración. Esta se efectúa por los estomas y la cutícula.

Por su tendencia a la transpiración se pueden agrupar dos tipos de variedades: las que transpiran por la mañana con alta velocidad y la que transpiran por la mañana a baja velocidad. Las mejores variedades comerciales pertenecen al primer grupo<sup>44</sup>.

Cuando la transpiración es mayor que la absorción, las hojas se enderezan y se enrollan para disminuir las pérdidas de agua. De esa forma la planta puede evitar pérdidas que van de un 10 a un 20%<sup>45</sup>.

#### 2.1.4 Variedades.

Una variedad, como la define Poelhman<sup>46</sup>, es un grupo de plantas similares que por sus características estructurales y comportamiento, se puede diferenciar de otras variedades de la misma especie. Las variedades de la caña de azúcar cumplen puntualmente con este concepto.

Estructuralmente, las variedades de caña difieren, por su morfología, en sus tipos de tallos y hojas, yemas, inflorescencias, y por su comportamiento, en las diferentes respuestas de éstas al medio ambiente.

Desde que se descubrió que la semilla de la caña de azúcar,

---

<sup>42</sup>P. N. Camargo. *Op.cit.* P. 50.

<sup>43</sup>Fauconnier, R. *Op. cit.* P. 21.

<sup>44</sup>P. N. Camargo. *Op.cit.* Pp. 22-24.

<sup>45</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* P. 21.

<sup>46</sup>Milton Poelhman, J. *Mejoramiento de las cosechas*. Volumen I, nueva edición 1990. Ediciones Ciencia y Técnica, S.A., México 1990. P. 71.

bajo condiciones ambientales controladas es viable, se ha creado una enorme cantidad de variedades que obligó a darles una nomenclatura propia. Así, está establecido que la inicial de una variedad corresponde a su lugar de origen; por ejemplo, H=Hawai, M=Isla Mauricio, Co=Coimbatore (India), L=Louisiana... Las variedades mexicanas se identifican como Mex.

Seguido de las iniciales, en las variedades mexicanas y de otros lugares se incluye una notación numérica que indica el número del clon y el año en que se creó. El clon Mex.56-476, por ejemplo, se creó en 1956 con el número de inventario 476.

En México, hasta los años cincuentas, todas las variedades de caña en cultivo eran extranjeras, pero ya en 1967, como consecuencia de los trabajos de hibridación iniciados en 1952, un 5% de las superficies estaban ocupadas con variedades mexicanas. Desde entonces, su tendencia ha sido al incremento<sup>47</sup>.

El enfoque inicial sobre la creación de nuevas variedades se centraba principalmente en la respuesta de éstas a determinadas condiciones ecológicas y a sus contenidos de azúcar, pero la necesidad de sustituir el material fisiológicamente viejo y los problemas fitopatológicos han hecho evolucionar ese criterio<sup>48</sup>.

En la búsqueda de variedades que reúnan buenas características tanto agronómicas como fitosanitarias e industriales se han creado normas metodológicas dentro de la hibridación. Fauconnier<sup>49</sup> señala las siguientes categorías básicas:

- La fecundación intraespecífica, que se refiere a la autofecundación.
  
- La fecundación interespecífica, en donde intervienen gametos de otras variedades.

---

<sup>47</sup>Catálogo de variedades de caña de azúcar. Serie Divulgación Técnica. IMPA, México, 1981. Pp. 11-12.

<sup>48</sup>*Ibid.*

<sup>49</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* P. 29.

Bajo las normas técnicas con las que operaba la Estación de Hibridación, dependiente del IMPA, la obtención de cada variedad de caña implicaba de 6 a 8 años<sup>50</sup>.

En un plano comercial, la aceptación y propagación de una variedad depende de la reunión de los siguientes caracteres: contenidos de sacarosa y fibra, pureza de los jugos, hábitos de floración y crecimiento, vigor, tendencias al acame, tipo de despaje, resistencia a plagas y enfermedades, etc<sup>51</sup>.

Un aspecto relevante en las variedades de caña es su tendencia hacia la madurez. Por esta tendencia se pueden diferenciar variedades precoces, medias y tardías, pero es frecuente que la madurez demostrada por las variedades en condiciones experimentales sufra cambios en los campos comerciales.

Hasta 1981 el número de variedades comerciales en México, medido por la resistencia de éstas al carbón, era de 89 entre extranjeras y nacionales<sup>52</sup>.

## 2.2 EL AREA DE ESTUDIO.

Dentro de la República Mexicana, el estado de Michoacán forma parte de la región centro-occidente. Comprende una superficie de 58,837 km<sup>2</sup>, que lo sitúan en el decimosexto lugar en extensión<sup>53</sup>. Se encuentra localizado entre las coordenadas 19°36' y 25°00' de Latitud Norte y los 103°20' y 102°40' de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich<sup>54</sup>. La altura media del estado es de 200 m.s.n.m. y su clima va de templado a semicálido húmedo; la

---

<sup>50</sup>Catálogo de variedades de caña de azúcar. *Op.cit.* P. 20.

<sup>51</sup>García Espinoza, A. *Op.cit.* Pp. 121-128.

<sup>52</sup>Catálogo de variedades de caña de azúcar. *Op.cit.* P. 20.

<sup>53</sup>Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. INEGI, México, 1978. P. 3.

<sup>54</sup>"Situación actual de la Industria Azucarera en el Estado de Michoacán, su proyección 1990/94 y posibilidades de expansión". Azúcar, S.A. de C.V. Delegación Regional Centro-Balsas. Mayo de 1990. Pp. 1-10.

temperatura media anual es de 19.4°C<sup>55</sup>.

Entre los rasgos geográficos mas relevantes destaca la presencia de grandes lagos, como los de Pátzcuaro, Cuitzeo o parte del de Chapala, así como un gran número de volcanes; además cuenta con 210.5 km lineales de litoral.

Gran parte de la superficie del estado está cubierta por extensas masas boscosas constituidas principalmente por pino, encino y oyamel de los que se obtiene mas de la mitad de la producción nacional de resinas, además de grandes volúmenes de madera para otros fines<sup>56</sup>.

En el aspecto agrícola, el estado se divide en cuatro zonas. La primera se ubica al norte, en el Altiplano y es de las mas importantes. Cubre parte del Bajío y la Ciénega de Chapala. Se cultivan hortalizas, papa, maíz, sorgo y principalmente la fresa.

La segunda zona ocupa la parte central del estado; se extiende de oriente a poniente, donde aparte de las explotaciones forestal y frutícola, se cultivan maíz, arroz, hortalizas y la caña de azúcar.

En la tercera zona (Tierra Caliente) se cultivan el melón, la sandía, el ajonjolí, los cítricos y la explotación de pastizales con fines ganaderos.

En la cuarta zona, de la costa, la actividad principal es la explotación de la copra.

La vegetación predominante a altitudes mayores de los 1,000 m. la conforman bosques de pino encino; en altitudes medias hasta los 500 m. la vegetación es de monte bajo compuesto principalmente por árboles aislados como el pinzán, parotas, cahulotes, guayabos y sauces; por debajo de los 500 m. la vegetación predominante es de arbustos espinosos como el huizache y de gramíneas tipo sabana.

El clima varía de semicálido y de ligeramente húmedo a semihúmedo, con régimen uniforme de temperaturas medias anuales que

---

<sup>55</sup>Estudio Monográfico de Comunidades Cañeras, (FIOSKER). Cía. Editorial Electrocom, S.A., 1982. Pp. 82-83.

<sup>56</sup>Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Op.cit. P. 3.

van de 17 a 21°C según la altitud y ubicación. Las temperaturas máximas se presentan en los meses de abril y mayo con rangos de 28 a 32°C y las mínimas en el mes de enero con rangos de 6 a 10°C. Las lluvias se presentan normalmente de fines de mayo a fines de septiembre, variando de 960 a 1,680 mm. Los suelos en general son de origen volcánico, pertenecen al grupo de Chernozem Mexicano, son residuales, poco profundos, de topografía ondulada a accidentada y pedregosa, de buen drenaje superficial e interno, predominando las coloraciones cafés de tonos oscuros. Las texturas son arcillosas, con pH tendiente a la acidez, con fertilidad media pero requieren de dosis complementarias de nutrientes, principalmente de Nitrógeno para la producción agrícola intensiva<sup>57</sup>.

En Michoacán se asientan cuatro ingenios azucareros con sus respectivas zonas cañeras. Estas se ubican al centro del estado, extendiéndose de este a oeste hasta el límite con el estado de Jalisco, en la Depresión del río Balsas entre el Eje Volcánico al norte y la Sierra Madre del Sur, ocupando pequeños valles en las estribaciones de la Sierra<sup>58</sup>. Hasta 1990, la superficie en cultivo con caña de azúcar era de 21,304-00 has<sup>59</sup>. El ingenio San Sebastián cuenta con 5,719-00. has. en cultivo de acuerdo a las proyecciones sobre su campo cañero para 1992<sup>60</sup>.

### 2.2.1 Situación geográfica.

El ingenio San Sebastián se ubica a 1.5 km al sur de la Ciudad de Los Reyes, comunicada por las carreteras Zamora-Jacona-Los Reyes (65 km) y la de Uruapan-Peribán-Los Reyes (72 km), ambas

---

<sup>57</sup>García Espinoza, A. *Op.cit.* P. 45.

<sup>58</sup>"Plan de desarrollo de la zona de abastecimiento del ingenio San Sebastián, S.A.". Azúcar, S.A. de C.V. Delegación Regional Centro-Balsas. Abril de 1990. P. 7.

<sup>59</sup>Estadísticas azucareras, 1990. Azúcar, S.A. de C.V. México, 1991. Cuadro No. 1

<sup>60</sup>"Segundo estimado de producción Zafra 1991/92". Gerencia Técnica de Campo de la FINA, S.N.C. Sept. de 1991.

pavimentadas. Se encuentra a 1280 msnm con una temperatura ambiente máxima de 31.6°C y mínima de 9.7°C<sup>61</sup>.

La zona de abastecimiento del ingenio se localiza a los 19°30' latitud norte y los 102°28' longitud oeste del meridiano de Greenwich, con altitudes que van de los 900 a los 1700 msnm. Esta diferencia en altitudes ha permitido caracterizar tres zonas climáticas (alta, media y baja), si bien sus límites son imprecisos<sup>62</sup>.

### 2.2.2 Investigación.

Hasta el año de 1991, la investigación integral sobre la caña de azúcar se encontraba a cargo del Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA). Como consecuencia de las medidas adoptadas por la actual Administración Federal con relación a la industria azucarera, el IMPA cesó sus funciones, y aunque oficialmente no ha desaparecido, su situación hasta ahora se encuentra indefinida.

### 2.2.3 Asistencia técnica.

Una de las responsabilidades del IMPA era la de brindar asistencia técnica a los productores a través de su Delegación en la ciudad de los Reyes, en coordinación con el Departamento Técnico de Campo del Ingenio. Esa asistencia, también integral, se vio suspendida con la retirada del Instituto. Actualmente es el personal técnico del ingenio -por medio del jefe de operación, los jefes de zona y los inspectores de campo- quien realiza actividades de extensión agrícola y de prueba de variedades, pero sin programas definidos ni instalaciones.

---

<sup>61</sup>Manual Azucarero Mexicano 1990. Cía. Editora del Manual Azucarero, S.A. México, 1991. Pp. 120-127.

<sup>62</sup>Plan de Desarrollo de la Zona de Abastecimiento del Ingenio San Sebastián, S.A.". Op.cit. Pp. 7-8.

#### 2.2.4. Organización cañera.

Por el tipo de tenencia de la tierra, los productores se dividen en dos agrupaciones reconocidas oficialmente: la perteneciente al sector ejidal (Unión de Cañeros C.N.C.) y la perteneciente a la pequeña propiedad (Unión de Cañeros C.N.P.P.).

Los representantes de ambas agrupaciones, junto con los de la empresa (Gerente y Superintendente de Campo) constituyen el Comité de Producción Cañera, órgano rector de la producción de caña de azúcar en la zona cañera con facultades en la contratación de créditos.

Como consecuencia de las modificaciones al artículo 27 constitucional se está gestando una tercera organización cañera que puede denominarse Asociación en Participación con los Ejidos<sup>63</sup>.

#### 2.2.5 Competencia con otros cultivos.

Dentro de la zona de influencia del ingenio San Sebastián, la competencia de la caña de azúcar con otros cultivos es mínima en sus partes media y baja y un tanto problemática en la parte alta.

El maíz, como cultivo alternativo, es sembrado ocasionalmente, cuando las fechas de los volteos de la caña permiten aprovechar el temporal; pero esas superficies regularmente se reincorporan a la caña al finalizar las lluvias.

La fresa ocupa algunas superficies pero hasta ahora no son representativas.

En las partes altas, el cultivo del aguacate ha desplazado hasta cierto límite al de la caña, pero la presión de ese cultivo, más que sobre las superficies cañeras, ha sido en los costos de la mano de obra, la que encarece con efectos negativos en la caña.

El personal del ingenio menciona la existencia de alrededor de 80,000 has. de aguacate en la mesa tarasca, pero de éstas se desconoce el número que afecta a la zona cañera de San Sebastián.

---

<sup>63</sup>"Comunicado del Ingenio San Sebastián, S.A. al Agente de Agricultura en el Estado de Michoacán". Febrero 21 de 1992. P. 3.

### 3 RECURSOS.

#### 3.1 CLIMA.

Humbert<sup>64</sup> indica que la temperatura, la luz y la humedad son los factores del clima que más influyen en el desarrollo de la caña de azúcar. Mangelsdorf<sup>65</sup>, citado por el mismo autor, afirma que las mejores condiciones climáticas para el desarrollo de la caña son un verano largo y caliente con lluvia adecuada, y para la maduración y la cosecha, se requiere de una estación seca, asoleada y fría, con ausencia de huracanes.

El clima de la zona cañera de San Sebastián reúne en gran medida estas condiciones.

##### 3.1.1 Temperatura.

El clima de la zona cañera de San Sebastián, de acuerdo a García de Miranda<sup>66</sup>, se clasifica como "Cwai"; esto es, el clima es templado subhúmedo con lluvias de verano; verano cálido y una oscilación térmica menor de 5°C.

Las temperaturas máximas en la zona cañera se presentan en los meses de abril y mayo, con rangos de 29.4 a 30.6°C y las temperaturas mínimas ocurren en los meses de diciembre y enero con rangos de 9.4 a 10.5°C. La temperatura promedio es de 19.7°C, pero estos datos deben ser tomados con reserva, ya que provienen de una sola estación climatológica (San Sebastián) y es difícil que representen a los de la zona alta en donde las temperaturas son más bajas con una marcada repercusión en el desarrollo de la caña.

---

<sup>64</sup>Humbert, R. *op.cit.* Pp. 54-56.

<sup>65</sup>*Ibid.*

<sup>66</sup>García de Miranda, E. *Apuntes de climatología*. Offset Larios, segunda edición, México, 1978. Pp. 135-136.

### 3.1.2 Precipitación.

Las lluvias se presentan normalmente de junio a octubre, siendo julio el mes de mayores precipitaciones y abril el más seco. El rango va de 681 a 1325 mm. anuales de acuerdo a los registros de 29 años de la estación climatológica San Sebastián.

El promedio de precipitaciones de esos años es de 865.2 mm.

### 3.2 SUELO.

Fauconnier<sup>67</sup> señala que la caña de azúcar es una planta que tolera muy bien diversas condiciones del suelo. De una forma general se le cultiva tanto en terrenos arcillosos muy pesados como en terrenos extremadamente arenosos. Sus únicas exigencias son una cierta profundidad, una conveniente aereación y un pH que no sobrepase los límites normales. Para un buen desarrollo vegetativo es necesario que el suelo tenga la temperatura suficiente, agua y elementos minerales.

#### 3.2.1 Suelos.

La mayoría de los suelos de la zona cañera de San Sebastián pertenecen al grupo del chernozem mexicano<sup>68</sup>. Son suelos residuales, poco profundos en las partes altas y profundos en las partes bajas, de topografía general ondulada. Aunque predominan las texturas pesadas, el drenaje superficial e interno en las partes altas es bueno debido a la topografía, pero se presentan problemas en las partes bajas; en algunos predios despedrados, por el tamaño de las piedras extraídas, se forman depresiones que provocan encharcamientos, lo que hace necesarias nivelaciones ligeras y obras de drenaje<sup>69</sup>.

---

<sup>67</sup>Fauconnier, R. *Op.cit.* Pp. 13-14.

<sup>68</sup>García Espinoza, *Op.cit.* P. 45.

<sup>69</sup>Rodríguez Camacho, R. "Informe de Comisión al ingenio San Sebastián, S.A. ante la GTC de la FINA, S.N.C.". Junio de 1989. Pp. 5-6.

Los suelos son de reacción casi neutra, con un pH del 6.67 en promedio, muy ricos en calcio y magnesio. Los contenidos de materia orgánica van de pobres a muy ricos, pero predominan los valores medios. En cuanto al contenido de macroelementos, el Nitrógeno y el Fósforo también se encuentran en valores medios; el Potasio es relativamente alto en algunos predios, pero predominan los suelos con deficiencias de este elemento<sup>70</sup>.

En general, los suelos de la zona de influencia de San Sebastián son aptos para el cultivo de la caña de azúcar, no obstante las condiciones de monocultivo hacen necesaria la adición de fertilizantes.

### 3.2.2 Índices de pedregosidad.

Por encontrarse ubicada dentro de una región volcánica, en la zona cañera abundan las piedras. Estas son de dos tipos básicos: volcánicas y canto rodado.

Las piedras volcánicas varían de 0.30 a 4.0 metros de diámetro; sus formas van de semi-esféricas a semi-planas, con pesos de unos cuantos kg. hasta 40 toneladas<sup>71</sup>. Su distribución es irregular, con cantidades que pueden cubrir casi la totalidad de algunos terrenos o ser casi inexistentes en otros. En su cuantificación el personal del ingenio ha tomado como parámetros los índices de pedregosidad. Así, el índice bajo quedó comprendido entre cero y el 30 % de población, el medio entre el 31 y el 60 % y el alto entre el 61 y 99 %, aunque en la práctica esos índices han demostrado su ineficacia debido a que se obtienen en forma visual sobre piedras superficiales, desconociéndose su cantidad en el subsuelo.

Las piedras provocan diversos problemas: en los trabajos agrícolas, las labores mecanizadas se ven afectadas en velocidad, calidad y cobertura; en la fábrica, incrementan los tiempos

---

<sup>70</sup>Datos del análisis del muestreo de suelos del área cañera del ingenio San Sebastián. Campo experimental IMPA. Los Reyes, Mich.

<sup>71</sup>Rodríguez Camacho, R. *Op.cit.* Pp. 6-7.

perdidos.

Con el objetivo fundamental de eliminar las piedras, a partir de los años setentas y hasta 1989 se realizaron programas de despiedres pesados, reforzados con la instalación de dos mesas despedradoras en el batey del ingenio.

Los resultados, sin embargo, fueron cuestionables. Si bien una parte de los terrenos quedó libre de piedras, esto se logró con costos excesivamente elevados; otros terrenos despedrados, por estimaciones erróneas, requieren de nuevos despiedres pesados o medianos, y prácticamente en la totalidad de las superficies con piedra año tras año continúan efectuándose despiedres manuales.

### 3.2.3 Superficies en cultivo.

Hasta la zafra 1989/90 el censo de superficies de la zona de influencia del ingenio arrojó 6,335-00 has. dedicadas a actividades agrícolas. De esa superficie, alrededor de 5,600-00 has. fueron de riego, ocupando la caña de azúcar 5,399-00 has. con 194 en rotación y 150 con otros cultivos. Las restantes 600-00 has. eran de temporal<sup>72</sup>.

En las estimaciones de la FINA, S.N.C.<sup>73</sup>, para la zafra 1991/92 la superficie en cultivo con caña de azúcar fue de 5,719-00 has. con la siguiente composición:

CICLOS	SUPERFICIE (HAS)
Plantas	598-00
Socas	1,500-00
Resocas	2,864-00
Semilleros	69-00
Nuevas Siembras	688-00
Total en cultivo	5,719-00

El punto de equilibrio entre el campo y la fábrica se situó, en 1990, en la producción de 550,000 toneladas de caña de azúcar

---

<sup>72</sup>"Plan de desarrollo de la zona de abastecimiento del ingenio San Sebastián, S.A.". *Op.cit.* P. 8.

<sup>73</sup>"Primer estimado de producción para la zafra 1991/92". Gerencia Técnica de Campo. FINA, SNC. Noviembre de 1991.

molederas. Para lograrlo, se planteó la necesidad de ampliar la zona cañera en 1,300-00 ha y de sostener programas anuales de 700-00 ha de siembras de reposición de cepas. El programa de siembras integrado es el siguiente:

CICLOS	SIEMBRAS DE REPOSICION (HAS)	SIEMBRAS DE AMPLIACION (HAS)	TOTAL (HAS)
1990/92	700-00	400-00	1,100-00
1991/93	700-00	700-00	1,400-00
1992/94	700-00	200-00	900-00
<b>TOTAL</b>	<b>2,100-00</b>	<b>1,300-00</b>	<b>3,400-00</b>

De las 1,300-00 ha de ampliación, 400 se ubicaron dentro de la zona de influencia y 900 fuera de ésta, a 70 km de distancia del batey del ingenio. Con esas ampliaciones, la superficie total en cultivo llegará a 6,695-00 ha y con la superficie a industrializar se obtendrían las 550,000 toneladas de caña molidera<sup>74</sup>.

### 3.3 AGUA.

#### 3.3.1 Infraestructura hidráulica.

Existen en la zona cañera numerosos aprovechamientos hidráulicos que se surten de ríos, manantiales, represas, bordos y pozos profundos que benefician alrededor de 5,600-00 has. La mayor parte de la conducción se realiza por medio de canales de tierra, que forman una red de unos 508 km. Una pequeña proporción del agua se conduce por tubería.

Las principales represas son El Atascoso y El Copal, pero hay además pequeñas obras que represan aguas de los manantiales.

Los bombes en operación son 24. De éstos, 11 son de pozos profundos con motores eléctricos y 5 con motores de combustión interna. En cárcamos y represas están montadas 7 bombas con motores eléctricos y una con motor de combustión interna.

Una característica notable de la zona de riego es la ausencia

<sup>74</sup> "Plan de Desarrollo de la Zona de Abastecimiento del Ingenio San Sebastián S.A.". Op.cit. Pp. 22-26.

de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (SARH) en el control del agua y su nula participación en las diferentes obras de infraestructura. La distribución del agua está a cargo de los productores y en la ejecución de nuevos proyectos participa el ingenio. Por otra parte, los gastos de las fuentes de abastecimiento se desconocen, a excepción de los correspondientes a los pozos profundos; pero es probable que éstos gastos no sean reales.

### 3.3.2 Disponibilidad actual y potencial.

Según el censo de 1990<sup>75</sup>, las principales fuentes de abastecimiento de agua para riego eran las siguientes:

FUENTES DE ABASTECIMIENTO	SUPERFICIES BENEFICIADAS (HAS)
-----+-----	-----
Manantiales	4462-20
Cárcamos y manantiales	451-75
Ríos	457-00
Represas	20-00
Pozos profundos	139-80
Pozos profundos y manantiales	104-70

Desde hace algún tiempo se ha observado que varias de las fuentes de abastecimiento han venido mermando sus caudales progresivamente, y en algunos casos éstas mermas están tocando puntos críticos. Las causas pueden encontrarse en la tala de los bosques que rodean gran parte de la zona cañera, pero principalmente en la sobreexplotación a la que están siendo sujetas las fuentes.

Con el fin de recuperar los volúmenes normales de algunas fuentes se ha recurrido a la rehabilitación de obras de infraestructura, y para incrementar la disponibilidad del líquido se han construido y están en proyecto bordos de almacenamiento, además de algunas perforaciones y equipamientos de nuevos pozos profundos; todo esto como proyectos aislados. En planteamientos más

<sup>75</sup>Plan de desarrollo de la zona de abastecimiento de la zona San Sebastián S.A.". *Op.cit.*

consistentes<sup>76</sup> el ingenio proyecta, a mediano plazo, el revestimiento y corrección de trazo de tres canales principales, la instalación de 6 equipos de riego por aspersión y la perforación de un pozo profundo.

### 3.4 MAQUINARIA AGRICOLA.

Según el censo de maquinaria 1990/91<sup>77</sup>, existen en la zona cañera 47 tractores con implementos dedicados a labores agrícolas, todos en propiedad de los cañeros y con potencias de 60 a 80 hp.

Los tractores se utilizan principalmente en las preparaciones de tierras (subsuelos, barbechos, rastreos y surcado) y en las labores culturales, en los cultivos y ocasionalmente en las fertilizaciones mecánicas, pero se tiene el apoyo de tiros (troncos) en los cultivos, trabajos que son más apreciados por los cañeros.

Desde el punto de vista del número de tractores existentes en la zona cañera, puede considerarse muy baja su mecanización, pero para efectos del Sistema Ce Acatl es uno de los factores a controlar, calculándose a partir del número de tractores y sus capacidades, el potencial de ejecución de labores mecanizadas, expresado en el número de horas efectivas de trabajo.

---

<sup>76</sup>"Inversiones en fábrica y desarrollo agrícola propuesto por el ingenio San Sebastián, S.A. en cumplimiento al Contrato de Compra-Venta." Abril de 1992.

<sup>77</sup>"Censo de maquinaria agrícola y de transporte 1990-91 del ingenio San Sebastián, S.A.".

#### 4 EL PROCESO PRODUCTIVO.

Antes de analizar el proceso productivo de la caña de azúcar en la zona cañera de San Sebastián, es conveniente precisar algunos puntos:

- a) En los ingenios azucareros descansa la responsabilidad del proceso productivo de la caña de azúcar. Derivado de esta responsabilidad, y desde un punto de vista técnico-administrativo, una zona cañera representa una unidad de producción.
- b) En su sentido más amplio, el proceso productivo de la caña de azúcar se inicia, en los ciclos de caña plantilla, con la preparación de tierras, y en los ciclos de socas y resocas, con el acondicionamiento de cepas, y aunque generalmente el proceso productivo termina con la cosecha, el destino de ésta no es necesariamente el batey del ingenio.
- c) El proceso productivo de la caña es cíclico porque se repite en el tiempo con cambios apenas perceptibles; es decir, el conjunto de trabajos que se brindan a un ciclo de caña plantilla, por ejemplo, es igual o muy semejante al anterior o al próximo (las nuevas tecnologías penetran lentamente, así como el grado de mecanización, las mejoras territoriales, etc.).
- d) Administrativamente, el proceso productivo es tratado en forma unilineal, lo que permite diferenciar un proceso específico para las cañas plantilla y con algunas variantes, otro para las socas y las resocas. La principal diferencia radica en la preparación de tierras y las siembras en las cañas plantilla, trabajos que en sus cortes subsecuentes (socas y resocas) son mínimos o inexistentes.

e) En el proceso productivo podemos observar dos criterios estrechamente relacionados. El primero descansa en el conocimiento sistemático de la caña y de todos los factores que le son inherentes (investigación y divulgación); el segundo se refiere al manejo práctico del cultivo en el que intervienen, además de los conocimientos sistemáticos, los generados a partir de la experiencia, las costumbres regionales, los grados de mecanización e infraestructura, entre otros.

f) Una zona cañera, vista como unidad de producción, requiere de mecanismos de control para su proceso productivo. Estos mecanismos —que existen—, son los programas de atención al campo. Estos programas pretenden reflejar las necesidades del proceso productivo, pero aquí surge la dificultad del cómo determinar el tipo y el número de trabajos necesarios. Para fines programáticos, las respuestas han sido, primero, la definición de los trabajos e insumos bajo los cuales la caña presupone las mejores respuestas (elaboración de catálogos de labores), y segundo, ante la imposibilidad de conocer los requerimientos de atención por unidad de superficie, se utilizan los índices de realización. Estos pueden definirse como los porcentajes de ejecución de cada labor que se realiza o realizará en el conjunto de superficies que conforman cada programa; pero debe observarse que una zona cañera está compuesta por un conjunto de superficies heterogéneas que varían no tan solo en tamaño, tipos de suelos, condiciones ambientales, ciclos y variedades en cultivo, sino también en sus diferentes accesos a la maquinaria agrícola y la mano de obra; y aún en las actitudes y la cultura cañera de los productores hacia el cultivo.

La descripción del proceso productivo de la caña de azúcar que se ofrece enseguida está orientada hacia los trabajos e insumos más comunes en la zona cañera de San Sebastián. La mayoría de éstos trabajos e insumos está contenido en los catálogos que utiliza el

ingenio para sus programas, pero debe advertirse que ciertas labores, ya sea porque son modalidades de otras o porque son realizados en condiciones especiales, no son consideradas. También se omite la descripción de los insumos de poco uso.

#### 4.1 PREPARACION DE TIERRAS.

No obstante que la distribución del agua en la zona cañera de San Sebastián es irregular, toda la superficie ocupada con caña de azúcar recibe riego. Sumado a la disponibilidad de agua, la presencia de inviernos benignos -con heladas aisladas y circunscritas a las partes altas- permiten que en prácticamente todo el año se realicen las siembras, lo que implica una continua preparación de tierras.

Las condiciones de riego, el paso frecuente de gente, maquinaria y animales de tiro tanto en los cultivos como en la zafra, mas el predominio de texturas pesadas tienden a formar capas arables fuertemente compactadas que requieren de varios pasos de implementos antes de surcar. En términos generales se efectúan las siguientes labores de preparación de tierras:

- Subsuelo. Se realiza con cinceles o subsuelo con aletón hasta una profundidad de 50 cm. Su finalidad es romper la capa endurecida del subsuelo, formada por el paso continuo de maquinaria e implementos, etc.
- Roturación. Se refiere a la labor de barbecho, con la que se rompe, remueve y fragmenta la capa superficial del suelo. Se realiza a una profundidad de 25 a 30 cm.
- Cruzas. Son los complementos del barbecho y su número, dependiendo de las texturas, puede ser hasta tres. Cada una se efectúa perpendicular a la anterior.
- Rastras. Con estas labores los terrones dejados por los barbechos y las cruzas se reducen a fracciones mas pequeñas.

- **Surcado.** Los surcos se hacen a una profundidad promedio de 30 cm. con una distancia entre surcos de 1.00 a 1.20 m. Su longitud queda supeditada a la conformación y tamaño de las parcelas individuales.

Existe otro grupo de labores cuya realización depende de las condiciones particulares de cada parcela. Estas labores son el chapón y el descepe, el redondeo de piedra, el despiedre manual, el hacer orillas, la junta y saca de residuos y la aplicación de insecticidas al fondo del surco.

#### 4.2 SIEMBRAS.

En líneas anteriores se menciona que las condiciones ambientales y la disponibilidad de agua de riego permiten que las siembras se realicen en forma continua. En efecto, fuera de un lapso mas o menos definido (agosto-sept.) en el que la humedad de los suelos impide sus movimientos, en el resto del año es posible preparar tierras y sembrar, no obstante el ingenio identifica tres períodos:

- Siembras de primavera. Son de febrero a mayo, en las partes de la zona cañera con mayor disponibilidad de agua (partes media y baja).
- Siembras de temporal. Se realizan de junio a julio en las partes altas, con menos disponibilidad de agua de riego.
- Siembras de invierno. Son de noviembre a enero, también en las partes media y baja.

En rigor, se pueden observar solamente dos períodos de siembras: aquel que se desarrolla en las partes donde escasea el agua (partes altas) y en donde es mas abundante (partes media y baja).

El tipo de siembras acostumbrado es el de doble cordón, pero

dependiendo de la variedad y las condiciones de la semilla -largo, peso y grosor de los tallos- puede modificarlo y ser incluso de doble cordón cruzado, como es el caso de la variedad Mex 69-290.

Las principales variedades que se siembran son la NCo 310, la Mex 69-290, la L 60-14 y la Mex 68-808, predominando las dos primeras. En campo existe otro grupo de variedades en pruebas y observación que por las pequeñas superficies que ocupan se denominan "otras".

En lo relacionado a la semilla y los semilleros se emplea un criterio técnico-administrativo que indica, para fines programáticos, los siguientes estándares:

- Una densidad de siembras de 16 ton./ha.
- Un rendimiento en semilleros de 127 ton./ha.
- Semilla proveniente de caña plantilla con edades de 10 a 12 meses.

En la práctica, las densidades varían de 16 a 30 toneladas de caña semilla por hectárea, con tonelajes calculados en forma visual. Los rendimientos en "semilleros", estimados en la misma forma, corresponden a caña madura y no a caña física, y finalmente, la caña semilla es tomada tanto de plantillas como de socas y resocas de diferentes edades y ciclos. Los principales trabajos en las siembras son los siguientes:

- Corte y flete de semilla. Se refiere al corte de la semilla y su traslado a las parcelas en donde se sembrará.
- Siembra y mochador. En esta labor, antes de depositar los tallos en el fondo del surco, éstos son troceados en partes mas o menos iguales.
- Riego de asiento. Es un riego ligero que se aplica después de las siembras.

- Sobre riego y retapa. Con el sobre riego se garantizan los contenidos de humedad en el suelo y con la retapa se cubren los trozos de caña descubiertos por el riego.
- Resiembra. Se realiza en los lugares en donde la emergencia es fallida. Su objetivo es el de obtener una población uniforme.

#### 4.3 LABORES CULTURALES.

Las labores de cultivo en las plantas, las socas y resocas son muy similares. La mayor diferencia está dada por el acondicionamiento de cepas que reciben las superficies ocupadas con socas y resocas al inicio de los nuevos ciclos. Las labores de acondicionamiento de cepas son:

- Destroncone. Consiste en eliminar con machete los tocones dejados por un corte alto de los tallos en la zafra. Con esta labor se evita la proliferación de tallos aéreos (lalas) y la penetración de plagas y enfermedades de los tocones a la cepa.
- Junta y quema de basura. Se refiere a la recolección manual de rastrojos -hojas y puntas de las cañas quedados de la zafra- su amontonamiento y quema. Esa materia orgánica es extraída de las parcelas porque dificulta los cultivos al atascarse los implementos con los rastrojos.
- Subsuelo entre surco. Se realiza entre las cepas, siguiendo el trazo de los surcos. Su finalidad es la misma que la descrita en la preparación de tierras.
- Despalme. Con los cortes sucesivos las cepas tienden a elevarse por efecto de los aporques y por los sistemas radiculares que en las socas y las resocas son más superficiales. Con esta labor, que es un desaporque, la altura de las cepas se mantiene constante. Se efectúa con tractor o tiro animal (tronco).

Las labores que se realizan tanto en las cañas plantilla como en las socas y las resocas, con algunas excepciones, son:

- Cultivos o arrope. Con los cultivos la tierra del fondo de los surcos se remueve permitiendo una mayor captación de agua a la vez que se eliminan las malezas. Con el arrope se arrima tierra a los costados de los surcos. Dependiendo de las texturas y la compactación de los suelos pueden darse hasta tres cultivos y un arrope. Se realizan con tractor, tiro animal o con azadón.
- Limpias a machete. Son limpieas de malezas a machete (moruta) cuyo desarrollo ya no permite el uso de herbicidas. Su número puede ser de dos.
- Limpia de tendederos. Consiste en abrir y mantener limpias las entradas de agua de riego que dan servicio a cada tendida (conjunto de once surcos). El número de limpieas también puede ser de dos.
- Limpia de orillas. Es la eliminación manual de malezas de las orillas de las parcelas. Se efectúan hasta dos limpieas.
- Desparane. Es el descepe manual de zacate Pará de las superficies de socas y resocas, que es en donde abunda más.
- Riegos. En general los riegos son rodados (o por gravedad) con abastecimiento de pozos profundos, bordos o manantiales. El número de riegos depende de los volúmenes de agua disponibles.
- Limpia de zanjas. Es la eliminación manual de las malezas de los drenes. Regularmente se efectúan hasta tres limpieas dado que el paso continuo de agua estimula la germinación y el desarrollo constante de malezas.

Como en la preparación de tierras, en las labores culturales también existen trabajos como los despiedres manuales o las resiembras (en socas y resocas) cuya ejecución depende de las condiciones particulares de las parcelas.

#### 4.4 APLICACION DE INSUMOS.

En la zona cañera es general el uso de fertilizantes químicos, de herbicidas, insecticidas, rodenticidas y ocasionalmente de otro tipo de productos como desinfectantes para la caña semilla. El uso de esos productos se analiza enseguida.

##### 4.4.1 Fertilizantes.

Los fertilizantes de uso común en la zona, sus dosis y sus formulaciones son los siguientes:

PRODUCTOS	CONCENTRACION			DOSIS (Kg/Ha)	KILOGRAMOS/HA		
	N %	P %	K %		N	P	K
F.17-17-17	17.0	17.0	17.0	500	85.0	85.0	85.0
Urea	46.0	-	-	500	230.0	-	-
S.de amonio	20.5	-	-	500	102.5	-	-
Total				1500	417.5	85.0	85.0

Cuando no se dispone de urea o de sulfato, se aplica Nitrato de Amonio también con 500 kg/ha.

Regularmente la fertilización se divide en tres aplicaciones:

En cañas plantilla.

- Primera aplicación con fórmula 17-17-17. 500 kg a la siembra o en el primer cultivo.
- Segunda aplicación con Sulfato de Amonio. 500 kg en el segundo cultivo o en el arrope.
- Tercera aplicación con urea. 500 kg una semana después de la segunda fertilización.

En socas y resocas.

- Primera aplicación con fórmula 17-17-17. 500 kg en el despalme.
- Segunda aplicación con sulfato de amonio. 500 kg en el segundo cultivo.
- Tercera aplicación con urea. 500 kg después del arrope.

Algunos de los productores que disponen de fertilizadora mecánica mezclan la fórmula, el sulfato o la urea y una dosis de insecticida en la primera aplicación, otros optan por cuatro aplicaciones.

En la fertilización mecánica los fertilizantes son cubiertos; en la fertilización manual -que es la mayor proporción- el fertilizante es aplicado al voleo o en banda.

Debe señalarse que el uso tanto del tipo de fertilizantes como de sus dosis están dados por la experiencia y la costumbre, pero con algunos matices técnicos del IMPA.

#### 4.4.2 Herbicidas.

En la zona cañera la incidencia de malezas es constante. Las condiciones de riego, los canales de tierra y las limpieas inoportunas favorecen la diseminación, germinación y desarrollo continuo de las malezas aún en períodos de estiaje; en el temporal esa incidencia es mayor. Por su tipo de hoja, las malezas presentes son de hoja angosta, de hoja ancha y las ciperáceas. En su control podemos encontrar dos métodos:

- a) Control Mecánico. Cultivos con tractor o tracción animal y limpieas manuales, todos en temporada de secas.
- b) Control químico con herbicidas, principalmente durante el período de lluvias.

El control mecánico ya ha sido descrito en las labores culturales. El control químico se realiza con los siguientes productos y dosis:

En periodos de estiaje		En periodos de lluvias	
PRODUCTOS	DOSIS/ha	PRODUCTOS	DOSIS/ha
Hierbamina	3 lts	Hierbamina	3 lts
Gesapax 500	3 lts	Karmex 50	3 lts
Adherente	1 lt	Adherente	1 lt
Agua	600 lts	Agua	600 lts

Del conjunto de zacates que inciden en la zona cañera, el Pará destaca por su agresividad. Para controlarlo en las parcelas, orillas de las parcelas, en los drenes y los canales, etc., se utiliza el herbicida Faena a razón de 3 lts/ha.

Regularmente los técnicos o los distribuidores de los laboratorios prueban sus productos ante los cañeros, pero también por experiencia y costumbre éstos continúan utilizando principalmente los herbicidas antes mencionados.

#### 4.4.3 Insecticidas.

Las principales plagas de insectos que atacan a la caña de azúcar en la zona son el gusano soldado (*Heliothrips unipuncta* Haw), el gusano barrenador (*Diatrea spp.*), y la gallina ciega (*Pyliophaga crinalis* Bates).

Por restricciones ecológicas y por un control sistemático, las poblaciones de esos insectos se mantienen bajas y su distribución bien localizada.

Como en el control de las malezas, en el de los insectos se siguen dos métodos: el mecánico, que se logra sobre las plagas del suelo con los barbechos, o con los destroncones y las limpiezas de basura con los que se elimina un buen número de larvas de barrenador.

El control químico se efectúa con los siguientes productos y dosis:

PRODUCTOS DOSIS/Ha PLAGAS QUE CONTROLAN

Lorsban	1.5 lt	Gusano soldado
Furadán	20.0 kg	Gallina ciega
Nuvacrón	1.5 lt	Gusano barrenador
Adherente	1.0 lt	

El gusano barrenador y la gallina ciega se controlan regularmente, pero el control del gusano soldado depende de su aparición ya que es una plaga cíclica.

#### 4.4.4 Control de enfermedades.

La única enfermedad que representa un peligro para la caña de azúcar en la zona es el carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow).

Hasta hace algún tiempo se le controlaba con la entre saca y quema de látigos carbonosos, pero éstas campañas se encuentran suspendidas.

Las causas que han impedido la proliferación y virulencia de este hongo pueden encontrarse básicamente en la heterogeneidad de las condiciones ecológicas y la paulatina sustitución de variedades susceptibles como la Nco.310 y la L.60-14 por variedades resistentes como la Mex.69-290.

## 5 LA FABRICA.

En México, la mayoría de los ingenios están destinados a la obtención de azúcar como principal producto de la caña y en segundo lugar a la utilización de las mieles finales para la elaboración de alcoholes y de los bagazos como fuente de energía.

A grandes rasgos, una fábrica de azúcar tiene como finalidad separar de la caña la sacarosa, purificando por medios químicos y físicos el jugo extraído de los tallos, evaporando el agua y separando los cristales de azúcar.

### 5.1 RASGOS HISTORICOS.

Al inicio de la colonia, el cultivo de la caña de azúcar proliferó hacia algunas regiones abrigadas y calientes de Michoacán, sobre todo en los valles bajos del centro y sur. Existieron ingenios de importancia en Zitácuaro, Tingambato, Tacámbaro y Tajimaroa, actual Ciudad Hidalgo<sup>78</sup>.

Las cuentas del diezmo para 1700 indican que la producción se había más que duplicado, aunque de acuerdo a la información referida a los asentamientos de los cañaverales este crecimiento no se hizo abriendo nuevas áreas al cultivo, sino expandiendo las ya existentes desde el siglo anterior<sup>79</sup>.

De los cuatro ingenios que continúan trabajando en el estado, Santa Clara es el más antiguo, ya que su fundación data del Siglo XVII<sup>80</sup>. El ingenio San Sebastián se construyó en 1813, y ya para 1926 era capaz de moler 18,000 toneladas de caña por zafra.

A partir de 1950 se inician las ampliaciones de campo y fábrica, llevándolos hasta una capacidad de 2,700 ton. en 24 horas.

---

<sup>78</sup>Caso, González L. *Cinco siglos de vida de las comunidades cañeras en México*. FIOSCER, México, 1987. Pp. 61-63.

<sup>79</sup>Claude, Morin. *Michoacán en la Nueva España del Siglo XVIII. Crecimiento y Desigualdad*, citado por Crespo, H. (et al). *Historia del Azúcar en México*, tomo I. FCE, México, 1988. P. 90.

<sup>80</sup>Caso, González L. *Op.cit.* Pp. 61-63.

En 1975 pasa el ingenio de la iniciativa privada al sector público para ser vendido nuevamente a particulares en 1990. La última ampliación de la fábrica se realizó en 1985, quedando la capacidad instalada en 3,500 ton. en 24 horas, la que conserva actualmente<sup>81</sup>.

## 5.2 CAPACIDAD DE MOLIENDA TEORICA.

La capacidad de molienda teórica (nominal) de un ingenio se expresa como el número de toneladas de caña procesables cada 24 horas. Esta capacidad puede variar de una zafra a otra, dependiendo de las condiciones de operación y reparaciones a que son sujetos los diferentes departamentos de un ingenio.

Según datos, un ingenio pierde en promedio un 2.5 % de su vida útil en cada zafra, pérdidas que son restituidas parcial o totalmente con las reparaciones. Así, de la magnitud y calidad de las reparaciones depende la capacidad de molienda nominal de un ingenio en un momento determinado.

En las estrategias de reparación de un ingenio se identifican proyectos a corto, mediano y largo plazo. Los proyectos a corto plazo regularmente se refieren a la restitución de la vida útil de la fábrica y los de medio y largo plazo a la rehabilitación o ampliación de la capacidad nominal.

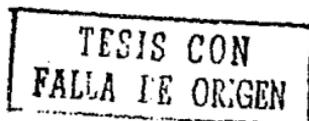
Es importante conocer la capacidad nominal actual y futura de un ingenio porque ésta es uno de los indicadores del tamaño máximo que pudiera alcanzar su zona cañera.

El ingenio San Sebastián posee actualmente una capacidad nominal de alrededor de 3,500 toneladas de caña en 24 horas, pero se pretende incrementarla, a mediano plazo, hasta las 5,000 ton.<sup>82</sup>. Las implicaciones directas de ésta ampliación de fábrica son, según las estimaciones del ingenio, la incorporación de 3,000-

---

<sup>81</sup>Situación actual de la industria azucarera en el estado de Michoacán, y su proyección 1990/94 y posibilidades de expansión. Op.cit. Pp. 20-24.

<sup>82</sup>"Inversiones en fábrica y desarrollo agrícola...". Op.cit. P. 3.



00 has. al cultivo de la caña en 5 ciclos de siembras<sup>83</sup>.

### 5.3 LA MOLIENDA EFECTIVA.

Si la capacidad nominal se refiere al potencial de procesamiento de la caña por un ingenio, la molienda efectiva es la demostración de ese potencial.

Desde la perspectiva de una zafra real, el comportamiento de la molienda efectiva depende no sólo del período en el cual se desarrolla la zafra, sino también de diversos factores que le impiden alcanzar la capacidad de molienda nominal. Esos factores son los tiempos perdidos.

Los tiempos perdidos pueden ser imputables al campo o a la fábrica, pero su conjugación determina la molienda efectiva.

El cálculo de los tiempos perdidos se realiza comparando las toneladas de caña molederas en 24 horas con las molidas efectivamente durante ese lapso. La diferencia, en porcentajes, se distribuye entre los factores que provocaron los tiempos perdidos.

Los tiempos perdidos se registran semanalmente en las corridas de fábrica y al final de la zafra se obtiene el acumulado.

En el cuadro 1 se desglosan los tiempos perdidos en 5 zafras en el ingenio San Sebastián.

---

<sup>83</sup> Ibid.

C U A D R O 1

RESUMEN DE TIEMPOS PERDIDOS EN EL INGENIO SAN SEBASTIAN, S.A.  
ZAFRAS DE 1984/85 A 1988/89

TIEMPOS PERDIDOS	1984/85	1985/86	1986/87	1987/88	1988/89
Total (%)	34.70	26.64	25.49	32.56	32.32
Fábrica (%)	17.00	7.62	9.52	10.85	16.33
Personal (%)	3.09	2.00	1.48	1.78	0.96
Días festivos (%)	2.51	3.08	3.14	3.55	2.87
Campo (%)	11.61	12.49	11.26	12.99	12.16
Lluvias (%)	0.49	1.45	0.09	3.39	-0-
COMPOSICION PORCENTUAL					
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Fábrica	48.99	28.60	37.35	33.32	50.53
Personal	8.90	7.51	5.81	5.47	2.97
Días festivos	7.23	11.56	12.32	10.90	8.88
Campo	33.46	46.88	44.17	39.90	37.62
Lluvias	1.42	5.45	0.35	10.41	-0-
Capacidad instalada (tcde)	3243	3893	3841	3755	3831
Capacidad usada (tcdz)	2104	2847	2843	2518	2576
Diferencia no usada (tcd)	1139	1046	998	1237	1255
Fábrica (tcd)	558	299	373	412	634
Personal (tcd)	101	79	58	68	37
Días festivos (tcd)	82	121	123	135	111
Campo (tcd)	381	490	441	494	473
Lluvias (tcd)	17	57	3	128	-0-

Fuente: Corridas finales de fábrica del ingenio San Sebastián, S.A.

## 6 INTERACCION CAMPO-FABRICA.

Un ingenio azucarero y su zona cañera conforman una unidad económica y tecnológica en la que se reconocen las siguientes interacciones y límites:

- a) La fábrica determina el tamaño del campo. Si una fábrica, en condiciones normales de operación es capaz de aprovechar el máximo de su capacidad instalada y el campo cubre esa capacidad, se presenta entonces un equilibrio campo-fábrica en el que se cuida solamente la edad del campo para mantener los rendimientos constantes. Esto implica siembras de reposición de cepas. Si una fábrica incrementa su capacidad de molienda o ésta se encuentra subutilizada por falta de materia prima, se genera la necesidad de hacer crecer el campo por dos vías:
  - 1) el crecimiento vertical por medio de nuevas variedades y técnicas de cultivo, incrementos en la mecanización y obras de infraestructura, y
  - 2) por medio del crecimiento horizontal, que es con la ampliación de superficies. En la práctica regularmente incurren los dos tipos de crecimiento, pero es más significativo el crecimiento horizontal.
  
- b) La molienda efectiva es uno de los determinantes de la estructura del campo. Esto es: el desplazamiento de superficies en la zafra queda supeditado a la molienda efectiva de la fábrica, y este desplazamiento da origen a los nuevos ciclos de caña en cultivo. El ritmo de molienda, a su vez, depende de los tiempos perdidos en campo y fábrica.
  
- c) El límite entre el campo y la fábrica es precisamente la molienda efectiva, expresada en toneladas de caña molida al día (TCMD), semana (TCMS), mes (TCMM) y zafra (TCMZ).

## 6.1 LA ZAFRA.

La zafra es el periodo en el cual se da en forma simultánea la cosecha y la molienda de la caña de azúcar.

Regularmente las zafras se inician en periodos con ausencia de lluvias y de bajas temperaturas, condiciones que por una parte estimulan la madurez industrial<sup>84</sup> y por otra ofrecen facilidades para el corte y el acarreo de la caña.

En la programación de una zafra, a partir de la estimación de la caña moledera en campo y de la estimación de la capacidad de molienda aprovechable, derivan el tamaño aproximado de la zafra y la posible producción de azúcar, así como diversos programas cuyas pretensiones son las de garantizar el abasto constante de materia prima al ingenio con la calidad suficiente.

Pero no es raro que los resultados de una zafra difieran en mayor o menor medida de sus estimaciones. Para entender el origen de esas diferencias, tenemos que analizar la zafra en dos niveles: el programático y el real.

### 6.1.1 Programación de la zafra.

La magnitud de los recursos humanos, materiales y económicos que demanda la realización de una zafra implican la necesidad de contar con indicadores y programas que permitan conocer y controlar los volúmenes de caña para la cosecha y la molienda.

En la programación de una zafra pueden observarse dos tipos de indicadores fundamentales: los que evalúan la caña moledera cuantitativamente y los que la evalúan cualitativamente.

Los indicadores cuantitativos se refieren a la estimación visual de los rendimientos de la caña por unidad de superficie.

Los indicadores cualitativos se obtienen de los resultados de las muestras analizadas en el laboratorio de campo del ingenio.

Las estimaciones de la caña moledera (Estimados de producción), se basan en la experiencia del personal de campo, y

---

<sup>84</sup>González Gallardo, A. (et. al). *Sazonado y maduración de la caña de azúcar*. IMPA, México, 1974. P. 6.

son influenciadas por las producciones de zafra anteriores y por el aspecto del campo.

Para una zafra se realizan normalmente tres estimados de producción, cada uno para cubrir objetivos particulares.

El primer estimado de producción —que tiene la característica de ser de gabinete—, se realiza al poco tiempo de haber finalizado una zafra. Con la información de éste primer estimado, y con la evaluación de la capacidad de molienda resultante de las reparaciones de la fábrica, se calcula la duración de la próxima. El volumen de caña moledera, dividido entre la capacidad de molienda diaria, da el número de días de zafra con sus posibles fechas de inicio y terminación.

Del primer estimado de producción derivan además los siguientes programas:

- De contratación de cortadores. Se evalúa el número de cortadores necesarios; y de éstos, cuántos serán locales y cuántos foráneos.
- De reparación de equipos de alce y acarreo. En el caso de San Sebastián, se programan las reparaciones de las alzadoras y los camiones, para asegurar su disponibilidad en la zafra.
- De reparación de caminos y pasos. Su propósito es el de contar con los caminos principales, los de saca y los pasos como puentes y vados en condiciones transitables durante la zafra.
- De socas y resocas. En su forma mas elemental, el cambio de ciclos de la caña de azúcar se da en el momento en que cada tallo es cortado. Así, desde el inicio de la zafra se originan los nuevos ciclos en cultivo para los cuales deben existir recursos materiales y económicos suficientes. La evaluación de estos recursos queda contenida en los programas de socas y resocas.

Los estimados de producción subsecuentes se interrelacionan con el desarrollo de la zafra; más el tercero que el segundo.

El segundo estimado de producción —físico— se realiza previo

al inicio de la zafra. Con este estimado se rectifican las superficies a cosechar y los volúmenes de caña moledera; se inician los programas de muestreos y se elaboran los calendarios de cosecha y de molienda.

El tercer estimado de producción, que también es físico, se efectúa alrededor de los dos tercios de avance de la zafra. Los avances logrados, mas el estimado de caña por moler, permiten inferir la fecha de terminación de la zafra, la superficie desalojada y la caña molida total con rendimientos de campo y de fábrica.

Los indicadores cualitativos —denominados índices de madurez—, como se ha señalado, se obtienen de los resultados de las muestras de caña analizadas en el laboratorio de campo. De las muestras, que deben ser representativas, se analizan los porcentajes de humedad en la sección 8-10, el brix, los puntos de sacarosa en caña, la pureza de los jugos y los azúcares reductores<sup>85</sup>.

Los índices de madurez son la base para definir los períodos más apropiados para el corte de cada unidad de superficie. La influencia de estos indicadores en el desarrollo de la zafra y en la nueva estructura del campo es, entonces, determinante.

### 6.1.2 La zafra real.

El inicio de una zafra depende de la duración de las reparaciones de la fábrica —como principal condicionante— y su terminación, de los volúmenes de caña moledera, así como del comportamiento de la molienda efectiva, aunque también su límite es el inicio de las lluvias.

En el desarrollo de la zafra, del comportamiento de la molienda efectiva (TCMD) deriva la demanda de materia prima por cuotas de entrega. Estas cuotas se distribuyen entre las cuadrillas de cortadores y de equipos de alce y acarreo, que en número son variables y en conjunto integran los frentes de corte.

Previo a la cosecha, y a partir de las prioridades de corte,

---

<sup>85</sup>El cultivo de la caña de azúcar en la región Jalisco-Colima. IMPA, México, 1976. Folleto No. 6, Serie Recomendaciones, Pp. 31-34.

se han dado dos actividades: la suspensión de riegos (cuando existen) y las órdenes de quema.

La suspensión de riegos tiene la múltiple intención de disminuir los contenidos de humedad, de estimular la concentración de sacarosa en los tallos y de permitir un suelo seco, condición necesaria para el movimiento de los cortadores y los equipos en las parcelas.

Con las órdenes de quema se fijan las fechas de esa actividad para proceder posteriormente al corte.

Hasta aquí se ha tratado de describir la mecánica de una zafra programada y la de una real. Como puede observarse, y es obvio, los resultados en caña molida, producción de azúcar y superficies desplazadas dependen del comportamiento de la zafra real; pero este comportamiento, en esencia, es regulado por los índices de madurez y la molienda efectiva. La influencia de estos factores no se concreta solamente al desarrollo de la zafra sino que se extiende hasta la siguiente, tocando todos los puntos del proceso productivo de la caña de azúcar.

Los índices de madurez, como indicadores cualitativos de la caña, tienen a su cargo la identificación de las superficies con la materia prima de mejores características industriales. Por otra parte, la molienda efectiva crea una relación directamente proporcional entre ésta y la cosecha, determinando los volúmenes de caña que ingresan a los molinos y las superficies desplazadas. Podría esperarse, entonces, que las consecuencias inmediatas de la interacción índices de madurez-molienda efectiva fueran la industrialización de una materia prima con ciertos grados de homogeneidad, pero esto es relativo.

En el desarrollo de la zafra son continuas las fluctuaciones tanto en el acceso de la materia prima a la fábrica como en los niveles de azúcar producida. Estas fluctuaciones se explican en parte por el comportamiento de la molienda efectiva y por la eficiencia de la fábrica en la recuperación del azúcar; pero las principales causas se encuentran en el campo.

La caña de azúcar que ingresa a los molinos es el resultado de la influencia de todos los factores que incidieron en sus ciclos

vegetativos, de lo que resulta un complejo de cañas que varían principalmente en sus estados de desarrollo, madurez y calidad. Es por esto que los indicadores cualitativos se convierten en un requisito indispensable, pero aún durante la zafra éstos no siempre se respetan. Es frecuente que en los frentes de corte, para completar sus cuotas de entrega, se tenga que recurrir a la cosecha de superficies no programadas. También es frecuente que las prioridades de corte sean asignadas a cañas quemadas "accidentalmente" o que superficies programadas no sean cosechadas por la negativa de los productores, como es el caso específico de San Sebastián. Las consecuencias de todo esto son la cosecha de un conglomerado heterogéneo de superficies que varían en rendimientos, calidad y contenidos de azúcar. Es ésta una cosecha que se realiza en forma hasta cierto punto aleatoria, la que a su vez da origen a nuevos ciclos con la mismas características de aleatoriedad.

Debe enfatizarse que son los ingenios los responsables de la administración del proceso productivo de la caña de azúcar, y que éste proceso se guía por programas. En este sentido, la programación de los recursos que demanda cada una de las unidades de superficie o de los ciclos que se originan en la zafra es en extremo difícil, dada la compleja composición del campo que resulta de una zafra. La única solución hasta ahora, ha sido la de estimar el total de la superficie que pasará a formar cada uno de los ciclos al final de una zafra. A éstas superficies integradas les es asignado el catálogo de labores e insumos correspondiente (de plantas o de socas y resocas) y los índices de realización para cada una de esas labores.

Los inconvenientes de una programación de este tipo son el relativo desconocimiento de los trabajos que realmente se realizan, del tipo y las dosis de los insumos que se utilizan y de los costos que todo ello implica. Otros inconvenientes no menos importantes son la imposibilidad de evaluar confiablemente los comportamientos de cada variedad en cultivo, y de las respuestas que éstas tienen a los factores a los que quedan expuestas durante su ciclo vegetativo. De esta manera, mientras los programas de atención al campo se mueven en un sentido tratando de cubrir necesidades como

las crediticias, los procesos de campo de dan bajo su propia mecánica.

Analizando el campo cañero en el extremo de la unidad de superficie, encontramos que a pesar de que aquí se recibe el impacto directo de la interacción molienda efectiva-índices de madurez, sí es posible lograr un acercamiento a las necesidades de los nuevos ciclos e inferir sus comportamientos en cuanto a rendimientos y calidad.

Cuando una unidad de superficie es cosechada o sembrada, a partir de esa fecha el productor puede estimar el número y tipo de trabajos que realizará durante el ciclo vegetativo de su cultivo; puede darse también una idea de los costos que éstos implican e incluso estimar los posibles rendimientos; pero la recurrencia de la interacción molienda efectiva-índices de madurez nuevamente marcará los grados de incertidumbre en el corte siguiente.

Los muestreos se guían por las fechas de siembra o de corte anterior de cada unidad de superficie, pero no son una garantía para que el nuevo corte se realice en una fecha precisa (esto depende de los índices de madurez). De esta forma, la fecha de la cosecha puede darse en cualquier momento dentro de la zafra o incluso rebasarla como ocurre con las cañas diferidas. Esta situación, en términos de un programa, impide evaluar con mayor acercamiento las necesidades del cultivo, que se mueven según las fechas entre un corte y otro. Seguramente uno de los puntos más problemáticos de esto es la dificultad para estimar los costos por hectarea.

Si ascendemos nuevamente hacia el tratamiento del campo como unidad de producción, sumando las unidades de superficie (que son heterogéneas en cuanto a ciclos, variedades, edades y tamaños), para llegar al total que compone cada conjunto de ciclos, podrá entenderse porqué los programas que derivan de éstos no pueden reflejar sus verdaderas necesidades ni pueden arrojar estimaciones confiables.

Existe un punto intermedio entre el tratamiento del campo como unidad de producción y la unidad de superficie. Es la propuesta Ce Acatl, que se desarrolla en la segunda parte de este trabajo.

## 7 RECURSOS FINANCIEROS.

Casi desde que la caña de azúcar se estableció en México, en su cultivo y transformación han sido imperativas las necesidades de crédito.

Los primeros antecedentes de las fuentes de capital para la industria azucarera se encuentran en la época colonial, con los comerciantes e instituciones religiosas a quienes recurrían los hacendados azucareros para obtener préstamos en efectivo<sup>86</sup>. A través del tiempo, con la evolución de la industria azucarera, también las fuentes de capital han cambiado para ajustarse a las nuevas necesidades. Actualmente es el Estado el que cubre esas necesidades por medio de la Financiera Nacional Azucarera, S.N.C.

En los siguientes puntos se analiza brevemente esta Institución.

### 7.1 FINA, S.N.C.

Los primeros antecedentes de la FINA, S.N.C datan de 1943, con la fundación de la Financiera Industrial Azucarera, S.A. Esta Institución, cuya función era la de descontar documentos avalados por la UNPASA, se transforma en Institución Nacional de Crédito en 1953, bajo el nombre de Financiera Nacional Azucarera, S.A., extendiendo sus funciones al otorgamiento de créditos al campo cañero y la fábrica (créditos de avío, fertilizantes, de fábrica y directos), que eran dictaminados por la UNPASA.

El crédito público al sector azucarero, que hasta antes de 1970 se encontraba disperso en varias instituciones (BANJIDAL, BANFOCO, NAFINSA Y UNPASA), queda en ese año, como consecuencia de la reestructuración de la industria azucarera, centralizado en manos de la FINASA. A partir de ese mismo año también se encarga de los fondos del Fideicomiso del Azúcar (FIDAZUCAR) y comienza a

---

<sup>86</sup>Crespo, H. (et al). *Historia del azúcar en México*. Tomo I, Fondo de Cultura Económica, México, 1988. P. 305.

dictaminar el otorgamiento de los créditos.<sup>87</sup>

A raíz de la nacionalización del sector bancario en 1982 la FINASA es absorbida totalmente por el Estado cambiando nuevamente su razón social; ésta vez a Financiera Nacional Azucarera, Sociedad Nacional de Crédito (FINA, S.N.C.), pero conservando las mismas funciones, que hasta ahora son vigentes.

Las principales líneas de crédito que la FINA, S.N.C. tiene en operación para el campo cañero son del tipo refaccionario, de avío y directos, con las siguientes características:

- Son integrales porque cubren todos los ámbitos de la producción de la caña.
- Son preferenciales, por sus bajas tasas de interés.
- Se canalizan al campo a través de los ingenios, siendo éstos los responsables de su distribución y recuperación.

Los créditos refaccionarios tienen como objeto las siembras y diversas obras de infraestructura. Las siembras en sus dos tipos: de ampliación de superficies y de reposición de cepas. El financiamiento de las siembras cubre el valor de la semilla, su siembra, cultivo, fertilización y la adquisición de los insumos necesarios (fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc.).

Los créditos de obras de infraestructura amparan proyectos de irrigación, despiedres y desmontes pesados. Las obras de irrigación más comunes son las perforaciones y equipamientos de pozos profundos, revestimientos de canales y sistemas de riego. Los despiedres y desmontes pesados, ahora menos frecuentes y más localizados, se destinan a despiedres con maquinaria pesada y a la tumba de acahuales o desmontes.

Los créditos de avío son para el cultivo de socas y resocas y para los gastos de zafra. Como en el caso de los refaccionarios

---

<sup>87</sup>Gallaga, R. *La reestructuración de la industria azucarera y el comercio externo de México*. Tesis para optar por el grado de Licenciado en Relaciones Exteriores. UNAM, México, 1976. P. 122.

siembras, los de avío campo (socas y resocas) también cubren las labores culturales, la fertilización y la adquisición de los insumos.

Los avíos gastos de zafra se canalizan principalmente al pago del corte, el alce y el acarreo de la caña movilizada. También se utilizan para la reparación de caminos cañeros y otros conceptos que se erogan durante la zafra.

Los créditos de avío se diferencian de los refaccionarios (en su aspecto formal), en los plazos de amortización y en las tasas de interés. Los créditos de avío se amortizan en un año y los refaccionarios en cuatro. Las tasas de interés son más bajas en los avíos que en los refaccionarios.

Los créditos directos son para la reparación de los equipos de alce y acarreo que participan en el movimiento de la caña cosechada. Hasta la zafra 1991/92 eran sujetos de financiamiento los equipos propiedad de los cañeros, pero con la reciente desaparición del FIMAIA, sus funciones de adquisición y también de reparación de equipos fueron absorbidas por la FINA, S.N.C.

El otorgamiento de los créditos se basa en las solicitudes elaboradas por los ingenios para cada línea. La estructura de éstas solicitudes la componen la propia solicitud, el acta del Comité de Producción Cañera, los programas a ejecutar con sus respectivos costos, y diversos formatos de apoyo.

En la dictaminación de las solicitudes para las siembras y las socas y las resocas los puntos de análisis principales son el cuadro de integración de superficies, los tabuladores de labores, los índices de realización, la estimación de los costos por labor y de los insumos. En otro tipo de programas (de gastos de zafra por ejemplo), los volúmenes de caña estimada a moler son la base principal de análisis.

## 8 NECESIDADES DE UN SISTEMA DE CONTROL.

La limitada comprensión del equilibrio dinámico que se da en la continuidad zafra-proceso productivo y las dificultades para ubicarlo en el tiempo han conducido casi por necesidad a su separación administrativa, tratando los ingenios a la zafra y al proceso productivo como elementos con escasas relaciones entre sí.

Con la separación administrativa para cada componente se crean mecanismos de control; la zafra programada, como se ha visto, con estimados de producción y de molienda; el proceso productivo, con programas de campo estandarizados. Las ligas entre componentes se concretan, entonces, en programas de cosecha y de molienda bajo los supuestos en campo (estimados) y en fábrica (TCMD).

Dados los grados de incertidumbre que generan la zafra y el proceso productivo como componentes aislados se hace necesario crear nuevos controles que operan dentro de la misma perspectiva, los que si bien facilitan el control administrativo, lo hacen a costa del distorsionamiento de la realidad, no como un defecto de la separación de los componentes, sino como algo inherente a esa separación.

La alternativa Ce Acatl reconoce la continuidad zafra-proceso productivo y la ubica en el tiempo y el espacio, descendiendo a nivel de unidades de superficie, interpretando situaciones reales y proyectando a partir de todo eso.

## **9. DESARROLLO DE CE ACATL.**

Ce Acatl es, en primer lugar, la definición conceptual del sistema inherente al cultivo de la caña de azúcar, con el objeto de ejercer un control integral en su producción; y en segundo, es la creación de un sistema electrónico que permite proporcionar la información necesaria para llevar a cabo esta actividad, en beneficio de la operación agrícola del campo cañero.

### **9.1 EL MEDIO AMBIENTE ELECTRONICO.**

Las modernas computadoras digitales varían en cuanto a capacidades, velocidades, etc. El medio ambiente electrónico está dado por la especificación de los elementos que componen la máquina donde fue programado y donde va a trabajar el Sistema Ce Acatl.

Todo equipo de cómputo está constituido por el hardware -CPU, y todos los dispositivos periféricos unidos a ella como el monitor, impresora, discos, etc.- y el software (el sistema operativo, paquetes, etc.).

#### **9.1.1 Hardware.**

La composición física en base a dispositivos mecánicos, magnéticos, electrónicos, etc. de una computadora se conoce como hardware. Aunque la lógica está involucrada en el diseño de los circuitos electrónicos y de la arquitectura de la computadora, su enfoque principal es aumentar la eficiencia en cuanto a la transmisión y al almacenamiento de la información. A mayor capacidad de almacenamiento en el disco y en la memoria del sistema de cómputo mayor trabajo puede realizar. Entre más veloz sea la transmisión de la memoria, de los discos y los otros dispositivos periféricos, más rápido se realizará el trabajo. El hardware es, entonces, el mundo del almacenamiento y transmisión.

Enseguida se enuncian las especificaciones del hardware utilizado en la elaboración de Ce Acatl:

Marca	Acer 915V
Microprocesador	AT 80286/16
Memoria	RAM 1 MB
Memoria	ROM 64 KB
Monitor	color VGA
Puertos paralelos	1
Puertos seriales	2
Dispositivo disco duro	80 MB
Dispositivo disco flexible	5.25' 360 KB - 1.20 MB
Dispositivo disco flexible	3.50' 760 KB - 1.44 MB

Compatible con el hardware y software IBM PC/AT estándar.

### 9.1.2 Software.

El software es el mundo de la lógica y el lenguaje. Por medio de un lenguaje se le indica a la computadora lo que debe hacer y estas instrucciones quedan escritas en un programa. El sistema operativo, los superlenguajes y los paquetes de aplicaciones se enmarcan dentro del software de las computadoras. La eficiencia del software está de acuerdo a la experiencia del analista y del diseñador así como a la lógica del programador. El software del sistema ejerce control sobre la computadora de forma tal, que permite utilizar lenguajes de más alto nivel para programar en una forma más sencilla. En el tiempo de ejecución de cualquier programa, el sistema operativo cede el control del procesador a las instrucciones programadas.

Ce Acat1, programado en CLIPPER 5.01 y orientado al cultivo de la caña de azúcar, es un nuevo paquete de software. Enseguida se hace referencia al software utilizado en su elaboración.

MS-DOS	5.0	Sistema operativo.
WORD PERFECT	5.1	Procesador de palabras.
LOTUS	2.3	Lenguaje para analizar datos.
HARVARD GRAPHICS	2.3	Gráficas y animación.
CLIPPER	5.1	Lenguaje manejador de base de datos.

## **9.2 ANALISIS DE SISTEMAS.**

El análisis es un proceso deductivo que descompone el sistema en las partes que lo constituyen. Simultáneamente, un sistema es un conjunto de procedimientos que interactúan para llevar a cabo una actividad o alcanzar un objetivo específico. A su vez, un procedimiento es una serie de instrucciones precisas que detallan lo que se debe hacer, quién, cuándo y cómo lo hará.

En el momento que se crea un procedimiento o se perfecciona para optimizar el funcionamiento del sistema, el análisis invierte su método. Es decir, se emplea el método inductivo cuando se crea o se adquiere un conocimiento nuevo.

El análisis de sistemas estudia el sistema para su comprensión y permitir, finalmente, elaborar un modelo conceptual que explica el sistema en sí mismo. Este es el punto de partida, para mejorar su funcionamiento en forma manual o para codificar sus elementos en un lenguaje de computadora y procesar sus datos en forma automática.

### **9.2.1 ANALISIS DE OBJETIVOS.**

El análisis de objetivos aclara el problema a solucionar, define el tamaño del sistema en todos sus puntos de vista, las características requeridas en su construcción y los beneficios a obtener en el momento de implantarlo.

#### **9.2.1.1 Objetivos.**

- a) Construir un Sistema electrónico de información sobre la producción de caña de azúcar.
- b) Proyectar los calendarios operativos, financieros y de cosecha del cultivo.
- c) Ejercer el control de las operaciones agrícolas del campo cañero en base a las proyecciones.

#### 9.2.1.2 Alcances.

- a) Modelo circunscrito a las dimensiones de la zona cañera del ingenio San Sebastián S. A.
- b) Estimar el comportamiento de la fábrica, como base de las proyecciones.
- c) Calcular los volúmenes de producción para cada zafra programada.
- d) Organizar los trabajos y la aplicación de insumos que demanda el cultivo, en función del tiempo.
- e) Estimar los requerimientos financieros del cultivo.
- f) Obtener las ministraciones del crédito requeridas semanalmente por labor.
- g) Evaluar el comportamiento de las variedades bajo condiciones de producción.
- h) Sistema con la capacidad de implementarse en cualquier otro ingenio del país.

#### 9.2.1.3 Características.

- a) Sistema de fácil manejo para ser utilizado por personal sin experiencia en computadoras.
- b) Orientado al registro y a la obtención de información en forma rápida.
- c) Mantiene la información actualizada y consistente durante todo el procesamiento de datos.

#### **9.2.1.4 Beneficios.**

- a) Evitar inconsistencias de información al disponer de una fuente de datos única.
- b) Obtener información confiable y oportuna.
- c) Generar información para un análisis técnico mas rápido y confiable.
- d) Reducir el tiempo de análisis para las evaluación de los requerimientos financieros.
- e) Generar nuevas posibilidades de análisis a partir de la organización de la información.
- f) Obtener todas las proyecciones necesarias considerando el movimiento de los factores controlados.
- g) Controlar el proceso productivo de la caña de azúcar.

#### **9.2.2 ANALISIS FUNCIONAL.**

Define con claridad el sistema, describiendo las funciones de su estructura, los procesos que va a realizar y su interacción con el usuario por medio de entradas y salidas de información.

##### **9.2.2.1 Requerimientos funcionales.**

Son especificaciones de las acciones que el Sistema debe realizar (operaciones básicas por función). Esta determinación involucra modelar los estados internos relevantes del componente (operaciones básicas) y la relación del componente con su medio (entradas - estructura de información - salidas). Las siguientes son las funciones que realiza el Sistema.

a) Labores.

El control de éste catálogo evita redundancia en las referencias a cada uno de los conceptos de labores.

b) Potreros.

Con el control de información de potreros, se permite el acceso a datos como distancias de acarreo, altitudes, condiciones físicas de los suelos, etc.

c) Maquinaria agrícola.

Comprende el registro total de tractores agrícolas, con el fin de obtener el potencial de ejecución de labores mecanizadas por semana.

d) Molienda de años anteriores.

El acceso a datos históricos permite, por métodos estadísticos, la estimación del desarrollo de moliendas futuras.

e) Secuencias de labores en proceso productivo.

Se construyen las secuencias con el fin de ubicar la ejecución de labores en el tiempo.

f) Usos consuntivos.

Con la información estadística de los usos consuntivos se ejerce el control de los riegos en épocas de sequía.

g) Productores.

El control de la información referente a productores es una de las funciones mas importantes del Sistema, ya que gran parte de los resultados se obtienen a partir de éste.

h) Puntos de regresión y ecuaciones.

El almacenamiento de ésta información permite inducir datos sobre el rendimiento del cultivo por productor.

i) Bloques de superficies.

Para optimizar el almacenamiento de espacio en disco se concentra ésta información a partir de las superficies de los productores.

j) Integración general de superficies.

Información integrada para visualizar la estructura del campo cañero a partir de la información por productor.

k) Calendarios operativos y financieros.

Son las guías operativas y financieras derivadas de las funciones anteriores.

#### 9.2.2.2 Entradas/Salidas.

La relación tripartita entrada-proceso-salida conformó uno de los fundamentos del análisis de procedimientos, ahora obsoleto. No quiere decir que ya no exista, sino que ya no forma parte fundamental del análisis de sistemas.

Las entradas y salidas contienen información que el usuario utiliza y que finalmente, en la operación cotidiana, es el medio por el cual el usuario se relaciona con el Sistema.

Todas las entradas, las modificaciones y las consultas de datos en Ce Acatl están controladas por un módulo de edición de base de datos especialmente programado. Es decir, cualquier dato de entrada al sistema es almacenado en un archivo particular de la

base de datos y por consiguiente consultado o modificado. Su procesamiento se ejecuta cada vez que el usuario presiona alguna tecla.

En algunos procesos, los archivos de datos se convierten en entradas de datos y en otros se construyen como parte de las salidas.

Las salidas generadas como reportes en Ce Acatl con base en archivos poseen una doble característica, son visibles en pantalla o en papel impreso, con el solo hecho de activar la impresora.

### **9.2.3 ANALISIS DE DATOS.**

El análisis de datos ha evolucionado de archivos secuenciales a base de datos, de análisis de procedimientos a análisis de información; de proceso de datos en lotes a procesos en línea. Es considerado como el aspecto mas técnico del análisis.

El análisis de datos tiene como objetivos el identificar los conceptos básicos que el usuario utiliza y el establecer las relaciones lógicas entre los datos para finalmente formar la estructura de información.

#### **9.2.3.1 Conceptos básicos.**

Los siguientes conceptos facilitarán la comprensión del método empleado para definir la estructura de información en el Sistema Ce Acatl.

##### **a) Agregados de información.**

Los agregados de información son grupos de entidades de información cuya utilidad es la de elaborar diagramas conceptuales de primer nivel para explicar el contexto del Sistema.

Cada uno de los siguientes conceptos representa un agregado de información:

LABORES  
POTREROS  
TRACTORES  
SECUENCIA  
USOS CONSUNTIVOS  
MOLIENDA  
PRODUCTORES  
INTEGRACIONES  
REGRESIONES  
BLOQUES  
CALENDARIOS

b) Entidades de información.

Las entidades de información se forman por módulos de datos que tienen una relación muy estrecha, por medio de un proceso de agrupación y selección 'natural'.

Cada uno de los siguientes conceptos implica una entidad de información (el sangrado representa dependencia del nivel superior).

LABORES  
    RUBROS  
POTREROS  
    COMUNIDAD  
    TEXTURA DEL SUELO  
TRACTORES  
    MARCAS  
    TIPO DE PROPIETARIO  
SECUENCIA  
    SECUENCIAS  
USOS CONSUNTIVOS  
MOLIENDA  
    MOLIENDAS  
PRODUCTORES  
    TIPO DE PROPIETARIO  
    DISPOSICION DE AGUA  
    CICLOS  
    VARIEDADES  
    MOVIMIENTO PARCIAL DE SUPERFICIES  
    MOVIMIENTO FINAL DE SUPERFICIES  
    LINEAS  
INTEGRACIONES  
REGRESIONES  
ECUACIONES  
BLOQUES  
    CALENDARIOS  
        SUMATORIAS

c) Subentidades de información.

Una subentidad es un grupo de datos con atributos especiales que forman parte de una entidad.

Dentro de la estructura de Ce Acatl se definen dos subentidades de información. Las entidades nombradas en plural dependientes de las entidades superiores, solo accesibles en una sola dirección se consideran como subentidades:

SECUENCIA  
SECUENCIAS  
MOLIENDA  
MOLIENDAS

d) Identidades de las entidades.

Las identidades ayudan a establecer las relaciones entre las entidades de información y garantizan que cada ocurrencia (entendida como la repetición de un evento) de la entidad exista en forma única.

Las llaves o identidades se mencionan en el modelo conceptual de la base de datos.

e) Relaciones entre entidades.

Toda relación establece la unión lógica de dos entidades. Con el fin de especificar el volumen de datos, es necesario declarar un cuantificador del siguiente tipo.

X 1	→	1 Y	A cada ocurrencia de X le corresponde	1 de Y.
X 1	→	0/1 Y	A cada ocurrencia de X le corresponde	0 o 1 de Y.
X 1	→	0/N Y	A cada ocurrencia de X le corresponde	de 0 a N de Y.
X 1	→	1/N Y	A cada ocurrencia de X le corresponde	de 1 a N de Y.

LABORES 1 → 0/1 RUBROS 1 → 0/N

POTREROS 1 → 0/1 TEXTURA DEL SUELO 1 → 0/N  
1 → 0/1 COMUNIDAD 1 → 0/N

TRACTORES 1 → 0/1 TIPO DE PROPIETARIO 1 → 0/N  
1 → 0/1 MARCAS 1 → 0/N

SECUENCIA 1 → 0/N SECUENCIAS

USOS CONSUNTIVOS

MOLIENDA 1 → 0/N MOLIENDAS

PRODUCTORES 1 → 0/1 MOV PARCIAL DE SUP 1 → 0/N  
1 → 0/1 MOV FINAL DE SUP 1 → 0/N  
1 → 0/1 TIPO D PROPIET 1 → 0/N  
1 → 0/1 DISP DE AGUA 1 → 0/N  
1 → 0/1 VARIEDADES 1 → 0/N  
1 → 0/1 CICLOS 1 → 0/N  
1 → 0/1 LINEAS 1 → 0/N

INTEGRACIONES 1 → 1/N PRODUCTORES

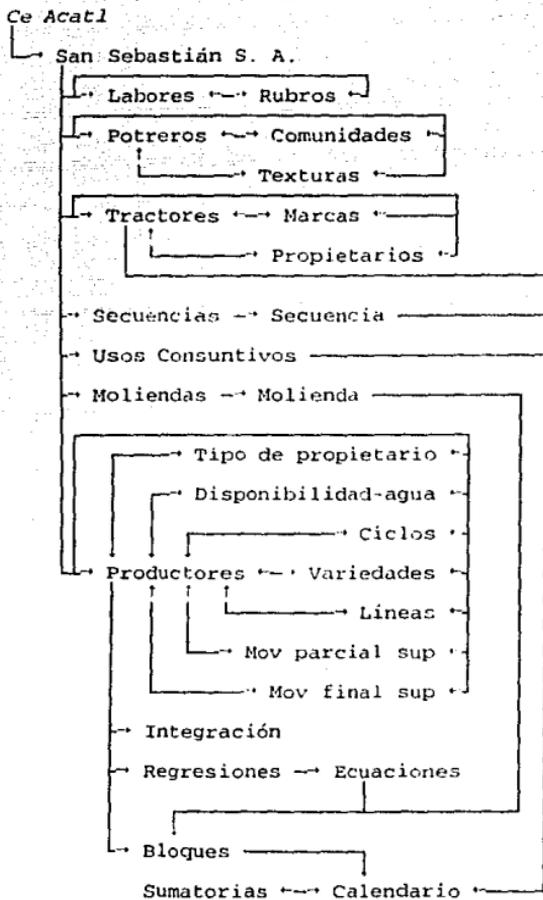
ECUACIONES 1 → 6/N REGRESIONES 1 → 1/N PRODUCTORES

CALENDARIOS 1 → 1/N BLOQUES 1 → 1/N PRODUCTORES

SUMATORIAS

### 9.2.3.2 Estructura de información.

En base a las relaciones existentes entre los datos se modela la estructura de información. Con la finalidad de mantener la integridad de la información, la estructura se delimita con todas las entradas que interactúan con ella y con todas las salidas que produce.



### 9.3 DISEÑO DE SISTEMAS.

Comprende la síntesis del sistema a partir del análisis y está orientado a las características físicas del sistema de cómputo. Se

construye la base de datos y se especifican los algoritmos que van a ser desarrollados en la programación.

### 9.3.1 DISEÑO ESTRUCTURAL.

En el diseño se trabaja con la totalidad del Sistema y con sus atributos lógicos, para establecer la estructura de procedimiento del Sistema.

#### 9.3.1.1 Estructuras del Sistema.

Las estructuras del Sistema permiten visualizar el contexto del procedimiento general.

Eventualmente será necesario agregar nuevos archivos, para eso se adiciona una rutina en el módulo de base de datos, especificando sus parámetros. Para otro tipo de cálculos, o nuevos reportes, se programan en forma independiente y se integran al módulo correspondiente.

##### a) Control.

Esta estructura inicializa el Sistema, contiene módulos de uso general y ejerce el control sobre todo el Sistema. Cuando terminan cada uno de los procesos b), c) o d) le regresan el control.

##### b) Base de datos.

Dirige el funcionamiento del editor de bases de datos, indicando los archivos a editar, sus relaciones y los campos a agregar, consultar o modificar.

El editor ejecuta un trabajo independiente de las otras estructuras del sistema, valida el tipo de datos y permite editar cualquier archivo; cuando termina almacena los cambios y regresa el control al módulo de base de datos.

c) **Cálculos.**

Los cálculos se realizan después de actualizar la base de datos y se pueden manipular por el usuario. El Sistema los canaliza hacia la formación y actualización de otros archivos.

d) **Reportes.**

El módulo de reportes contiene programas que utilizan uno o más archivos procesados, con la propiedad de poderlos mostrar en el video o en impresiones en papel.

**9.3.1.2 Descomposición modular.**

La acción recursiva (cíclica) de dividir un procedimiento complicado en varios grupos de procedimientos mas sencillos, hasta que ya no sea posible subdividirlos se le conoce como descomposición modular. Un módulo finalmente consta de un grupo de instrucciones.

En un diagrama de árbol, la raíz representa el problema general a solucionar; una rama implica la separación del subproblema en mas módulos y cada nodo terminal constituye un módulo. La jerarquía implícita en un árbol determina que un módulo no debe usar información de otro módulo que no dependa de él, además de evitar la interferencia inter-módulos e intra-módulos.

**9.3.1.3 Interfases entre módulos.**

Un módulo debe tener su propia área de trabajo y la comunicación entre éstos debe ser mínima, clara y bien definida.

Algunos módulos de aplicación general se consideran como módulos compartidos y pueden ejecutarse desde varios módulos.

**9.3.2 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS.**

El diseño de la base datos en Ce Acatl está asociado al modelo conceptual y a las características proporcionadas por CLIPPER 5.01.

Con la estructura del Sistema y la estructura de información se pueden utilizar lenguajes de cuarta generación -Foxplus o Dbase

III- para explotar aún mas la base de datos. Cuando los procesos se vuelven repetitivos es posible elaborar programas en CLIPPER 5.01 e integrarlos a la estructura de Ce Acatl.

### 9.3.2.1 Modelo conceptual.

Cada entidad de información descrita a la derecha, solo es accesible por medio de la entidad izquierda, formando un anillo relacional. Todas las entidades izquierdas en conjunto forman el perímetro de un anillo mayor y su estructura es 100% relacional.

Las entidades a la derecha existen en su mayoría, para normalizar la base de datos, facilitar la consulta de información en pantalla y optimizar el espacio de almacenamiento en disco.

Las relaciones que mantienen estas entidades están descritas en la estructura de información y las 'llaves' de acceso, se describen en la implementación física.

<b>LABORES</b>			<b>RUBROS</b>		
1	ING	C 2	1	ING	C 2
2	CVE	C 2	2	CVE	C 2
3	RUB	C 2	3	NOM	C 25
4	NOM	C 25			
5	NJOR	N 2.0			
6	HMAQ	N 2.0			
<b>POTREROS</b>			<b>COMUNIDADES</b>		
1	ING	C 2	1	ING	C 2
2	CVE	C 2	2	CVE	C 2
3	COM	C 2	3	NOM	C 25
4	TEX	C 2	4	ASNM	N 4.0
5	NOM	C 20	5	CCOM	C 2
6	ZYS	C 2			
7	ASNM	N 4.0	<b>TEXTURAS</b>		
8	FLETE	N 5.0	1	ING	C 2
9	CCOM	C 2	2	CVE	C 2
10	CPOT	C 3	3	NOM	C 25
<b>TRACTORES</b>			<b>MARCAS</b>		
1	ING	C 2	1	ING	C 2
2	CVE	C 2	2	CVE	C 2
3	MARC	C 2	3	NOM	C 15
4	PROP	C 2			
5	MOD	N 4.0	<b>PROPIETARIOS</b>		
6	HRDS	N 3.0	1	ING	C 2
7	IMPL	C 10	2	CVE	C 2
8	NOMP	C 25	3	NOM	C 15
9	FINANC	C 1			

## SECUENCIA

1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	15

## SECUENCIAS

1	ING	C	2
2	FEN	C	2
3	LAB	C	2
4	NORD	N	3.0
5	SDES	N	3.0
6	IASC	N	1.0
7	PEJE	N	4.2
8	TXHA	N	7.1

## DISPOSICION DE AGUA

1	ING	C	2
2	MES	N	2.0
3	US_CONS	N	7.2
4	PP_MENS	N	7.2
5	MM_NECS	N	7.2
6	P_RIEGO	N	7.2
7	P_EJEC	N	7.2

## MOLIENDA

1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	9
4	FINI	D	8
5	FFIN	D	8
6	INTP	N	7.5
7	INTS	N	7.5
8	KARBE	N	7.3
9	KAC	N	4.2
10	SW	L	1
11	SWR	L	1

## MOLIENDAS

1	ING	C	2
2	MOL	C	2
3	NSEM	N	2.0
4	NORD	N	2.0
5	NDIA	N	2.0
6	SW	L	1
7	TCMD	N	7.1

## PRODUCTORES

1	LIC	C	2
2	TIP	C	2
3	DIS	C	2
4	VAR	C	2
5	LIN	C	2
6	CIC	C	2
7	MSP	C	2
8	MSF	C	2
9	CON	C	2
10	KBLK	N	4.0
11	NHA	N	7.2
12	NTON	N	7.2
13	FINI	D	8
14	FFIN	D	8
15	CVEING	C	10

## DISPOSICION DE AGUA

1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	10

## CICLO

1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	10

## VARIETADES

1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	10
4	DENS	N	2.0

## MOV PARCIAL DE SUP

1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	18
4	IHAS	N	1.0
5	ITON	N	1.0
6	ICON	C	1

MOV FINAL DE SUP			
1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	10

LINEAS			
1	ING	C	2
2	CVE	C	2
3	NOM	C	10

INTEGRACION			
1	ING	C	2
2	ZAF	C	2
3	LIC	C	2
4	LIN	C	2
5	TIP	C	2
6	DIS	C	2
7	VAR	C	2
8	CIC	C	2
9	MSP	C	2
10	MSF	C	2
11	NHAS	N	10.2
12	NTON	N	10.2

REGRESIONES			
1	ING	C	2
2	CIC	C	2
3	VAR	C	2
4	NSEM	N	3.0
5	NOBS	N	6.0
6	RPRM	N	7.3

ECUACIONES			
1	ING	C	2
2	CIC	C	2
3	VAR	C	2
4	NGL	N	3.0
5	MIN	N	3.0
6	MAX	N	3.0
7	M	N	9.5
8	B	N	9.5
9	F	N	9.3
10	CC	N	5.3

BLOQUES			
1	ING	C	2
2	ZAF	C	2
3	BLK	C	2
4	CIC	C	2
5	CON	C	2
6	NHAS	N	7.2
7	NTON	N	7.1
8	GCUL	N	7.1
9	GCOS	N	7.1
6	SINI	N	5.0
7	SFIN	N	5.0
8	SCAL	N	5.0

CALENDARIO			
1	FEN	C	2
2	MSP	C	2
3	CON	C	2
4	BLK	C	2
5	LAB	C	2
6	NSEM	N	7.1
7	NHAS	N	9.1
5	CTOT	N	9.0

SUMATORIAS			
1	ING	C	2
2	NSEM	N	5.0
3	NHRS	N	5.0
4	NJRS	N	5.0
5	NTON	N	5.0

### 9.3.2.2 Implementación física.

La base de datos en Ce Acatl está formada por un conjunto de archivos de datos independientes entre sí, en su contexto de almacenamiento. Cada archivo -entidad de información- está

integrado de registros subdivididos a su vez en campos -atributos- de datos. A cada archivo se le puede asociar uno o más archivos de índices -identidades-, también independientes, que permiten un acceso a los registros por el orden inherente al índice.

Los archivos con terminación DBF son de datos, el número representa la longitud del registro en bytes, mientras que los terminados en NTX son de índices y la clave corresponde a la llave.

LABORES  
SLAB.DBF (36)  
SLAB0.NTX (ING+CVE)  
SLAB1.NTX (NOM)

POTREROS  
SPOT.DBF (45)  
SPOT0.NTX (ING+CVE)  
SPOT1.NTX (NOM)

TRACTORES  
STRAC.DBF (52)  
STRAC0.NTX (ING+CVE)  
STRAC1.NTX (NOMP)

SECUENCIA  
SFEN.DBF (20)  
SFEN0.NTX (ING+CVE)  
SFEN1.NTX (NOM)

USOS CONSUNTIVOS  
SH20.DBF (40)  
SH200.NTX (ING+STR(MES,2))

MOLIENDA  
SMOL.DBF (57)  
SMOL0.NTX (ING+CVE)  
SMOL1.NTX (NOM)

PRODUCTORES  
TPCFXX.DBF (63)  
TPCFXX0.NTX (CVEING)

RUBROS  
SRUB.DBF (30)  
SRUB0.NTX (ING+CVE)  
SRUB1.NTX (NOM)

COMUNIDADES  
SCOM.DBF (36)  
SCOM0.NTX (ING+CVE)  
SCOM1.NTX (NOM)

TEXTURAS  
STEX.DBF (30)  
STEX0.NTX (ING+CVE)  
STEX1.NTX (NOM)

MARCAS  
SMARC.DBF (20)  
SMARC0.NTX (ING+CVE)  
SMARC1.NTX (NOM)

PROPIETARIOS  
SPROP.DBF (20)  
SPROP0.NTX (ING+CVE)  
SPROP1.NTX (NOM)

SECUENCIAS  
TFEN.DBF (25)  
TFEN0.NTX (ING+FEN)  
TFEN1.NTX (STR(NORD,3))

MOLIENDAS  
TMOL.DBF (19)  
TMOL0.NTX (ING+MOL)  
TMOL1.NTX (ING+STR(NSEM,2))

DISPOSICION DE AGUA  
SDIS.DBF (15)  
SDIS0.NTX (ING+CVE)  
SDIS1.NTX (NOM)

CICLOS  
SCIC.DBF (15)  
SCIC0.NTX (ING+CVE)  
SCIC1.NTX (NOM)

VARIEDADES  
SVAR.DBF (17)  
SVAR0.NTX (ING+CVE)  
SVAR1.NTX (NOM)

MOV PARCIAL DE SUPERFICIES  
SMSP.DBF (26)  
SMSP0.NTX (ING+CVE)  
SMSP1.NTX (NOM)

MOV FINAL DE SUPERFICIES  
SMSF.DBF (15)  
SMSF0.NTX (ING+CVE)  
SMSF1.NTX (NOM)

LINEAS  
SLIN.DBF (20)  
SLIN0.NTX (ING+CVE)  
SLIN1.NTX (NOM)

INTEGRACION  
TINT.DBF (41)  
TINT0.NTX (ING+ZAF+LIC+LIN+TIP+DIS+VAR+CIC+MSP+MSF)  
TINT1.NTX (VARIABLE)

REGRESIONES  
TREG.DBF (23)  
TREG0.NTX (ING+CIC+VAR+STR(NSEM,3))  
TREG1.NTX (ING+CIC+VAR)

ECUACIONES  
TECU.DBF (48)  
TECU0.NTX (ING+CIC+VAR)

BLOQUES  
TBLX.DBF (56)  
TBLK0.NTX (ING+ZAF+BLK)  
TBLK1.NTX (ING+ZAF+STR(SINI,5)+STR(SFIN,5)+CIC+MSP+MSF)

CALENDARIO  
TCCFXX.DBF (36)  
TC0.NTX (VARIABLE)

SUMATORIAS  
TSUM.DBF (23)  
TSUM0.NTX (ING+STR(NSEM,5))

### 9.3.3 DISEÑO DETALLADO.

Permite la comunicación entre el diseñador y el programador. El diseñador especifica con detalle los algoritmos a desarrollar para continuar con la programación del sistema.

#### 9.3.3.1 Algoritmos.

Los algoritmos descritos a continuación se apoyan en elementos

técnicos para hacer más entendible la descripción de los problemas que solucionan cada uno de ellos.

a) Estimación de la molienda:

El análisis del comportamiento de las molindas a partir de la zafra 1985/86 nos permite inferir, por el método de mínimos cuadrados, el comportamiento de una próxima. Como resultados se obtienen -con alto grado de aproximación- las posibles semanas de duración, el inicio y el final de una zafra, las toneladas de caña a moler por semana (TCMS) y el volumen total de caña a industrializar.

Ante la posibilidad de una modificación de la fábrica -una ampliación por ejemplo- las estimaciones de caña a moler y la duración de una zafra pueden manipularse por el usuario con una terminación falsa, solo después de una proyección.

Durante el desarrollo de la zafra, los datos reales de molienda se capturan y se marcan como verdaderos, y en la siguiente proyección se estiman los datos faltantes en forma automática, proporcionando mayor exactitud.

b) Estimación de los rendimientos:

En el análisis de datos a nivel de productores, en la zafra 1990/91 se encontró un coeficiente de correlación del 0.88 entre la edad de la cañas (en semanas) y en rendimiento (ton/ha) para una curva de regresión general.

Se analizó también una separación de datos por variedad y ciclos, encontrándose en algunos casos curvas completas de regresión y en otros, datos insuficientes.

Utilizando el Sistema, en tres o cuatro zafras se podrán acumular los datos suficientes por variedades y/o ciclos que en este momento no están determinados. Por ahora es posible utilizar la curva general para interpolar el rendimiento en variedades y ciclos indeterminados, pero sin olvidar que la estimación es menos exacta.

c) Estimación del intervalo de cultivo:

En la caña de azúcar los nuevos ciclos se originan, en la caña plantilla, a partir de las siembras, y en las socas y resocas, en el momento del último corte; pero a diferencia de otros cultivos, la caña no es cosechada al finalizar su ciclo vegetativo.

La proyección de la cosecha en Ce Acatí se sincroniza con la programación de la molienda.

Para obtener el intervalo de cultivo por parcela se simula el inicio de la zafra con todos las superficies en cultivo y se organizan por edad, de tal forma que en cada semana se programan las cañas de mayor edad hasta que se cumple la cuota (TCMS). Si la semana correspondiente se satura, aún cuando existan cañas de la misma edad, los excedentes se desplazan automáticamente de una semana a otra. Con el cambio de semana, el Sistema considera los incrementos en la edad y los rendimientos unitarios.

La cuota TCMS se acumula a base de los rendimientos interpolados en las curvas de regresión en función de la edad calculada para cada una de las parcelas.

Cuando termina la asignación de las semanas de zafra se obtiene la totalidad de superficies a cosechar, el volumen de caña a industrializar, la superficie y el volumen a diferir a la siguiente zafra.

Los índices de madurez pueden mover la fecha final del intervalo de cultivo y por consiguiente el rendimiento, pero actualmente no se cuenta con esa información.

d) Construcción de bloques de superficies:

Para la optimización de recursos de almacenamiento en la computadora se define la unidad **bloque**, que se refiere a la unificación lógica de superficies de cañas con el mismo intervalo de cultivo y ciclo.

La utilización de los bloques permite almacenar un calendario de labores mas compacto, pero al direccionar cada bloque a las parcelas que lo constituyen conserva la

posibilidad de proporcionar un calendario a nivel parcelario. Finalmente se busca facilitar el manejo operativo de la superficie de cada productor en cuanto a la ejecución de su proceso productivo.

e) Estimación de trabajos a realizar por bloque:

La secuencia de labores de cultivo y cosecha es declarada por el usuario. Esta secuencia se denomina **fenotipo** en Ce Acatl, ya que es la expresión de un catálogo general de labores que puede ser común a todos los ingenios del país. En el caso del ciclo caña-plantilla se utiliza un fenotipo más extenso de cultivo, que incluye la preparación de tierras y la siembra, no consideradas en socas y resocas.

El fenotipo específico se proyecta en el tiempo dentro del intervalo de cultivo, utilizando la superficie asignada al bloque.

La distribución de las labores en el tiempo considera la capacidad semanal del uso de la maquinaria (potencial de ejecución de trabajos mecanizados), los usos consuntivos, los índices de realización y los costos por labor proporcionados por el usuario.

Existe además un fenotipo de cosecha, que se ensambla en la fecha de corte de la caña.

Cuando exista un control estricto sobre las variedades -por ejemplo tendencias hacia la madurez industrial-, será posible segregar fenotipos por ciclo y por variedad e incorporar mayor precisión a las estimaciones de Ce Acatl.

#### 9.4 PROGRAMACION DE SISTEMAS.

En esta fase se codifican los algoritmos en un lenguaje de programación. En el caso de Ce Acatl se utilizó CLIPPER 5.01. Para efectos de este trabajo, se juzga innecesario reportar los códigos fuente de los programas desarrollados, debido a sus grandes proporciones.

## **10. EL PROCESO PRODUCTIVO BAJO LA ALTERNATIVA CE ACATL.**

La administración del proceso productivo en los ingenios hasta el momento ha sido lenta y onerosa, y en su aspecto operativo, el proceso responde más bien a su propia mecánica que a la mayoría de los programas que pretenden controlarlo.

Ce Acatl propone el control integral del proceso productivo a partir de la información que se origina en la zona cañera y el ingenio, la sistematiza y ofrece una guía operativa y financiera, con la posibilidad de evaluar los diferentes comportamientos que pudiera sufrir el proceso en función del manejo de los datos.

Este capítulo presenta los resultados tangibles del Sistema.

### **10.1 CALENDARIZACION.**

Todos los cálculos se basan en la propuesta de ejecución de las actividades relacionadas con la producción de caña de azúcar (fenotipos) distribuidas en función del tiempo, considerando todas las superficies controladas por el ingenio. En la proyección se cuenta con elementos de inducción estadística para acercarse a los resultados reales en forma confiable. El proceso genera un calendario general integrado por las siguientes perspectivas.

#### **10.1.1 CALENDARIOS AGRICOLAS.**

Estos calendarios toman parte del control de la producción agrícola a nivel de ingenio y bloques de superficie.

##### **10.1.1.1 Operativo.**

El calendario operativo extrae el tipo de labores que se van a realizar en el cultivo, el tiempo de ejecución y la superficie desde su ubicación en el contexto general. A manera de ejemplo se lista la página 84 del calendario integral calculado.

## CALENDARIO OPERATIVO Y FINANCIERO

PAG # 84

PROCESO:93.06.25

MOVS SUP PARCIAL : TODOS

INGENIO : SAN SEBASTIAN

ZAFRA:92-93

FENO TIPO	ZAF ANT C O N C E P T O	INICIO SEMANA	NUM BLK	TARIFA (N\$/H)	SUPERFICIE (Has)	COSTO (N\$)
PLANTAS	nor VALOR HERBICIDAS (1)	92.07.11	145	174.6	7.1	1,240
SOC/RES	nor RIEGO ( 4)	92.07.11	146		128.6	000
SOC/RES	nor APLIC. HERBICIDAS (2)	92.07.11	146	6.0	128.6	772
SOC/RES	nor VALOR HERBICIDAS (2)	92.07.11	146	33.9	128.6	4,357
PLANTAS	nor CORTE Y FLETE DE SEMILLA	92.07.11	150	468.1	3.6	1,685
PLANTAS	nor SIEMBRA Y MOCHADOR	92.07.11	150	338.1	3.6	1,217
PLANTAS	nor VALOR SEMILLA	92.07.11	150	1200.0	3.6	4,320
PLANTAS	nor RIEGO ( ) DE ASIENTO	92.07.11	150	60.0	3.6	216
SOC/RES	nor APLIC. INSEC. AEREO (1)	92.07.11	151	30.0	141.1	4,233
SOC/RES	nor VALOR INSEC. AEREO (1)	92.07.11	151	28.6	141.1	4,035
SOC/RES	nor RIEGO ( 3)	92.07.11	151		141.1	000
SOC/RES	nor APLIC. RODENTICIDAS (1)	92.07.11	151	0.8	141.1	113
SOC/RES	nor VALOR RODENTICIDAS (1)	92.07.11	151	2.0	141.1	282
SOC/RES	nor CULTIVO O ARROPE	92.07.11	152	87.5	137.1	11,996
SOC/RES	nor LIMPIA DE TENDEDEROS (1)	92.07.11	152	75.0	137.1	10,283
PLANTAS	nor RASTRO (1)	92.07.11	153	125.0	1.8	225
PLANTAS	nor RASTRA (2)	92.07.11	153	125.0	1.8	225
PLANTAS	nor SACRADO	92.07.11	153	125.0	1.8	225
SOC/RES	nor DESPARANE (1)	92.07.11	154	125.0	141.9	17,738
SOC/RES	nor APLIC. INSECTICIDAS (1)	92.07.11	154	10.0	141.9	1,419
SOC/RES	nor VALOR INSECTICIDAS (1)	92.07.11	154	16.2	141.9	2,296
SOC/RES	nor LIMPIA DE ZANJAS (1)	92.07.11	154	82.5	141.9	11,707
SOC/RES	nor LIMPIA DE ORILLAS (1)	92.07.11	154	95.0	141.9	13,481
SOC/RES	nor APLIC. HERBICIDAS (1)	92.07.11	154	30.0	141.9	4,257
SOC/RES	nor VALOR HERBICIDAS (1)	92.07.11	154	174.6	141.9	24,776
PLANTAS	nor BARBECHO (3)	92.07.11	155	148.0	7.5	1,110
PLANTAS	nor SACUDIR Y SACAR BASURA	92.07.11	155	68.3	7.5	512
SOC/RES	nor DESPARANE (1)	92.07.11	156	125.1	5.1	638
SOC/RES	nor APLIC. INSECTICIDAS (1)	92.07.11	156	10.0	5.1	51
SOC/RES	nor VALOR INSECTICIDAS (1)	92.07.11	156	16.3	5.1	83
SOC/RES	nor LIMPIA DE ZANJAS (1)	92.07.11	156	82.5	5.1	421
SOC/RES	nor LIMPIA DE ORILLAS (1)	92.07.11	156	94.9	5.1	484
SOC/RES	nor APLIC. HERBICIDAS (1)	92.07.11	156	30.0	5.1	153
SOC/RES	nor VALOR HERBICIDAS (1)	92.07.11	156	174.5	5.1	890
SOC/RES	dif DESPARANE (1)	92.07.11	157	125.1	7.1	888
SOC/RES	dif APLIC. INSECTICIDAS (1)	92.07.11	157	10.0	7.1	71
SOC/RES	dif VALOR INSECTICIDAS (1)	92.07.11	157	16.2	7.1	115
SOC/RES	dif LIMPIA DE ZANJAS (1)	92.07.11	157	82.5	7.1	586
SOC/RES	dif LIMPIA DE ORILLAS (1)	92.07.11	157	95.1	7.1	675
SOC/RES	dif APLIC. HERBICIDAS (1)	92.07.11	157	30.0	7.1	213
SOC/RES	dif VALOR HERBICIDAS (1)	92.07.11	157	174.6	7.1	1,240
PLANTAS	nor SEMANARIO	92.07.11	158	1.5	2.7	04
PLANTAS	nor ENCARGADO	92.07.11	158	1.9	2.7	05
PLANTAS	nor REP. Y CONST. DE CERCAS	92.07.11	158	12.6	2.7	34
PLANTAS	nor LIMPIA DE ZANJAS (3)	92.07.11	158	82.6	2.7	223
PLANTAS	nor CHIAPON Y DESCEPE	92.07.11	158	73.0	2.7	197
PLANTAS	nor SUBSUELO	92.07.11	158	148.1	2.7	400

3,909.0 221,197

### 10.1.1.2 De insumos.

El programa de insumos está asociado al programa operativo general, obteniéndose las necesidades financieras para su adquisición y aplicación en forma semanal y total, pero los tipos de productos y su forma de adquisición son una decisión del personal responsable del ingenio.

### 10.1.1.3 De cosecha.

El calendario de cosecha deriva directamente de los límites superiores de los intervalos de cultivo calculados.

Las cuotas de entrega están sincronizadas con la capacidad de molienda semanal de la fábrica, ambas estimadas.

El calendario de cosecha detallado puede utilizarse como una guía en los muestreos de campo para determinar los índices de madurez en el laboratorio y dar una redistribución manual a las superficies a cosechar, en caso necesario.

Los gastos de cosecha se encuentran declarados en la parte final de cada bloque del calendario general, y aunque no forman parte del proceso productivo, son necesarios para elaborar éste calendario y para los cálculos de redituabilidad ya sea por productor o bien en forma general.

Los principales conceptos que se consideran en los gastos de cosecha son el corte, el alce y el acarreo de la caña, asignados a las superficies estimadas a industrializar y sobre tarifas propuestas en el fenotipo. El siguiente reporte corresponde al calendario concentrado de cosecha estimado en Ce Acatl.

#### CALENDARIO OPERATIVO Y FINANCIERO

NOVS SUP PARCIAL : TODOS

PAG # 01  
PROCESO:93.06.25  
INGENIO : SAN SEBASTIAN  
ZAFRA:92-93

FENO TIPO	ZAF ANT C O N C E P T O	INICIO SEMANA	NUM BLK	TARIFA (M\$/H)	SUPERFICIE (Ha)	COSTO (M\$)
COSECHA	C. ACARREO		1034.2		4,111.0	4,251,468
COSECHA	C. AGRUPACIONES CAÑERAS		114.9		4,111.0	472,391
COSECHA	C. ALZA		402.2		4,111.0	1,653,351
COSECHA	C. CORTE		517.1		4,111.0	2,125,731
COSECHA	C. GASTOS DISTRIBUIBLES		229.8		4,111.0	944,766
			2298.2		4,111.0	9,447,707

### 10.1.2 CALENDARIOS FINANCIEROS.

Los calendarios financieros son un complemento de los calendarios agrícolas que permiten evaluar en un momento dado los requerimientos crediticios parciales y totales del proceso productivo de la caña. Su importancia radica en que, a partir de ellos, se elaboran las solicitudes de crédito ante la FINA, S.N.C.

#### 10.1.2.1 Requerimientos financieros.

Ce Acatl tiene la propiedad de proporcionar los requerimientos de capital, en forma detallada o concentrada, imprimiendo los reportes clasificados por semana, bloque o labor. Por ejemplo, la página 1 del listado (concentrado) que continúa, permite revisar la magnitud de cada uno de los conceptos de inversión en el campo cañero.

#### CALENDARIO OPERATIVO Y FINANCIERO

PAG # 01

PROCESO:93.06.25

MOVS SUP PARCIAL : TODOS

INGENIO : SAN SEBASTIAN

ZAFRA:92-93

FENO TIPO	ZAF ANT	C O N C E P T O	INICIO SEMANA	NUM BLK	TARIFA (N\$/H)	SUPERFICIE (Has)	COSTO (N\$)
		ALBONDEO		185.0		605.6	112,047
		APLIC. FERTILIZANTE (1)		50.0		2,863.6	143,180
		APLIC. FERTILIZANTE (2)		57.9		2,863.6	165,760
		APLIC. FERTILIZANTE (3)		50.0		2,863.6	143,180
		APLIC. HERB. PARA PARA		10.6		605.6	6,419
		APLIC. HERBICIDAS (1)		30.0		2,863.6	85,908
		APLIC. HERBICIDAS (2)		7.9		2,863.6	22,646
		APLIC. INSEC. AEREO (1)		30.0		2,258.0	67,740
		APLIC. INSEC. AEREO (2)		30.0		2,291.7	68,751
		APLIC. INSECTICIDAS (1)		13.2		2,863.6	37,732
		APLIC. RODENTICIDAS (1)		0.8		2,863.6	2,298
		APLIC. RODENTICIDAS (2)		0.8		2,863.6	2,298
		APLIC. RODENTICIDAS (3)		0.8		2,863.6	2,298
		BARBECHO (1)		185.0		605.6	112,047
		BARBECHO (3)		148.0		605.6	89,629
		C. ACARREO		1034.2		4,111.0	4,251,468
		C. AGRUPACIONES CAÑERAS		114.9		4,111.0	472,391
		C. ALZA		402.2		4,111.0	1,653,351
		C. CORTE		517.1		4,111.0	2,125,731

C. GASTOS DISTRIBUIBLES	229.8	4,111.0	944,766
CABECEREO	125.0	605.6	75,714
CABECEREO EN CULTIVO (1)	100.0	605.6	60,560
CABECEREO EN CULTIVO (2)	45.0	605.6	27,262
CHAPON Y DESCEPE	72.8	605.6	44,090
CORTE Y FLETE DE SEMILLA	468.0	605.6	283,421
CULTIVO (1)	125.0	2,863.6	357,973
CULTIVO (2)	125.0	605.6	75,714
CULTIVO (3)	62.5	605.6	37,858
CULTIVO O AROPE	95.4	2,863.6	273,291
DESPARANE (1)	125.0	2,258.0	282,259
DESPIEDRE MANUAL	107.4	2,863.5	307,436
DESTRONQUE	72.0	2,258.0	162,575
ENCARGADO	2.0	605.6	1,211
HACER ORILLAS	100.0	605.6	60,560
JUNTA Y QUEMA DE BASURA	50.6	2,258.0	112,900
LIMPIA A MACHETE (1)	200.0	2,863.6	572,720
LIMPIA A MACHETE (2)	60.0	2,254.0	135,480
LIMPIA DE ORILLAS (1)	95.0	2,863.6	272,060
LIMPIA DE ORILLAS (2)	89.0	2,863.6	254,793
LIMPIA DE ORILLAS (3)	47.5	2,258.0	107,257
LIMPIA DE ORILLAS (4)	95.0	2,291.7	217,720
LIMPIA DE TENDEDEROS (1)	75.0	2,863.6	214,793
LIMPIA DE TENDEDEROS (2)	15.0	2,863.6	42,975
LIMPIA DE TENDEDEROS (3)	75.0	2,291.7	171,887
LIMPIA DE ZANJAS (1)	82.5	2,258.0	186,284
LIMPIA DE ZANJAS (2)	82.5	2,863.6	236,253
LIMPIA DE ZANJAS (3)	82.5	1,523.8	290,734
RASTRA (1)	125.0	605.6	75,714

#### 10.1.2.2 Ministración del crédito.

El crédito destinado al proceso productivo de la caña se caracteriza por otorgarse en forma de ministraciones semanales. Esto es, el ingenio evalúa sus requerimientos en función de los índices de realización semanal y los costos de las labores e insumos a aplicar en la semana siguiente a la presentación de las solicitudes de ministración de fondos.

La ministración del crédito viene asociada al calendario operativo. Considerando las diferentes actividades a realizar, se puede obtener un reporte por semana. Para proporcionar los gastos de cosecha estimados, se generó el siguiente listado en forma de ministración semanal.

## CALENDARIO OPERATIVO Y FINANCIERO

PAG # 01

PROCESO: 93.06.25

MOVS SUP PARCIAL : TODOS

INGENIO : SAN SEBASTIAN

ZAFRA: 92-93

FENO TIPO	ZAP ANT C O N C E P T O	INICIO SEMANA	NUM BLK (N\$/H)	TARIFA SUPERFICIE (Ha#)	COSTO (N\$)
COSECHA dif		92.12.26		186.5	112,213
COSECHA dif		93.01.02		634.5	334,683
COSECHA dif		93.01.09		641.0	332,538
COSECHA nor		93.01.16		843.0	415,989
COSECHA nor		93.01.23		636.0	312,989
COSECHA nor		93.01.30		855.0	424,917
COSECHA nor		93.02.06		877.0	433,942
COSECHA nor		93.02.13		914.5	449,765
COSECHA nor		93.02.20		905.5	453,590
COSECHA nor		93.02.27		912.0	437,520
COSECHA nor		93.03.06		879.5	430,204
COSECHA nor		93.03.13		877.5	428,431
COSECHA nor		93.03.20		972.0	473,844
COSECHA nor		93.03.27		959.5	467,612
COSECHA dif		93.04.03		773.0	376,159
COSECHA nor		93.04.10		819.0	396,783
COSECHA dif		93.04.17		949.5	450,976
COSECHA nor		93.04.24		1,023.0	439,670
COSECHA nor		93.05.01		1,130.0	436,436
COSECHA nor		93.05.08		1,176.0	455,538
COSECHA nor		93.05.15		1,264.5	489,600
COSECHA nor		93.05.22		1,168.0	449,224
COSECHA nor		93.05.29		1,158.5	445,034
-----					
20,555.0					9,447,707

## 10.1.2.3 Amortización del crédito.

El crédito al productor se canaliza, como se menciona en líneas anteriores, a través de los ingenios, pero las condiciones de amortización son prerrogativa de la fuente financiera.

Los créditos de avío se amortizan en un año, los refaccionarios en cuatro (descontándose el 50% en el primer año, el 25 en el segundo, el 15 en el tercero y el 10 en el cuarto); en otro tipo de créditos refaccionarios, como los de obras de infraestructura, los plazos de amortización pueden ser de hasta 5 o 7 años, dependiendo de la magnitud de la obra.

Para Ce Acatl los créditos refaccionarios se amortizan en un año debido a los cálculos a nivel parcelario y a la incertidumbre que implican cuatro zafra consecutivas. Sin embargo, proporciona

los elementos para elaborar una estimación manual a cuatro años usando parámetros generales en los cuales se pueden incluir, además, las amortizaciones de obras de infraestructura.

## 10.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.

Este estudio está referido a la posibilidad económica de cultivar caña de azúcar. Se pretende conocer la utilidad que pudiera obtener el productor dependiendo del capital a invertir, los intereses por financiamiento y el valor de su producción.

### 10.2.1 Rendimientos.

La estimación de los rendimientos está fundamentada en las curvas de regresión que se generan en el procesamiento de datos de las superficies en cultivo.

Un rendimiento calculado en Ce Acatl está en función de la edad, el ciclo y la variedad de la caña. A cada parcela se le asigna el rendimiento interpolado dependiendo de la edad programada en la que se va a cosechar.

La curva a utilizar depende del ciclo y la variedad, y cuando aún no se encuentra definida, el sistema utiliza una curva general.

El rango de valores a obtener como rendimiento estimado es tan amplio como el dominio en el cual se encuentra definida cada curva específica.

Este proceso permite aproximarse a los rendimientos reales, ya que cada unidad de superficie posee características diferentes en el ciclo de cultivo, la variedad y el tiempo de permanencia en el campo.

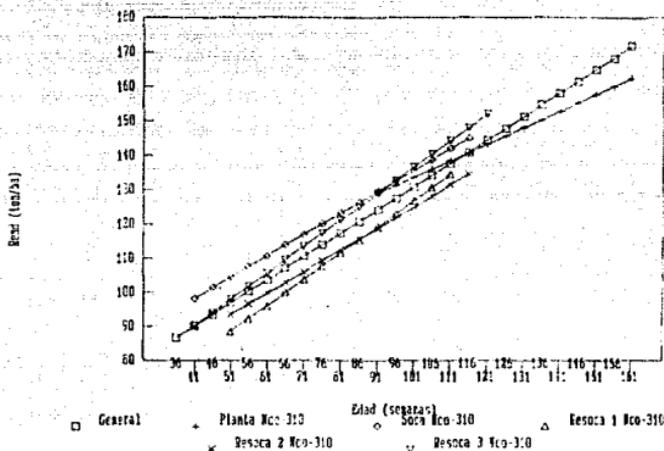
El rendimiento por parcela se consulta en la base de datos, en el archivo de productores, después del cálculo de bloques, o bien en el reporte de redituabilidad por productor.

Para la zafra 91-92 se encuentran calculadas las siguientes curvas de regresión. Su cálculo se efectuó en forma automática y analítica por el Sistema. Para una demostración gráfica, se tabularon las ecuaciones y como puede observarse la curva general

presenta valores de tendencia hacia el centro. Pero el Sistema utiliza, cuando estas existen, curvas de mayor aproximación en base al ciclo y la variedad.

### CURVAS DE REGRESION (Z 91-92)

Nco-310



#### 10.2.2 Determinación del valor de la caña.

El costo unitario de la tonelada de caña, se calcula a partir del karbe (Kg. de azúcar recuperable base estándar) y del precio estimado del kg. de azúcar, considerando solo el 54% de su producto. Estos datos —constantes— se infieren independientemente de la mecánica del Sistema, pero se almacenan en la base de datos para su referencia en una zafra específica.

La determinación del valor total de la caña por parcela en Ce Acatl se encuentra fuertemente vinculada al intervalo de cultivo y por consiguiente al rendimiento estimado. El producto del costo unitario por el rendimiento a nivel de productor, representan los ingresos totales por concepto de la producción de caña de azúcar.

### 10.2.3 Redituabilidad.

La redituabilidad se calcula en base a los ingresos totales substrayendo el gasto de cultivo, los gastos de cosecha y los intereses por financiamiento. El proceso almacena datos sobre el ingreso neto en el archivo de productores. Para Ce Acatl las estimaciones generales sobre redituabilidad no son importantes, puesto que cada productor posee características diferentes con respecto a otro. De cualquier forma, los cálculos generales se pueden efectuar en proceso manual, a partir de la información específica de cada productor. El ejemplo que sigue, proporciona este tipo de datos.

INFORMACION FINANCIERA Y DE PRODUCCION  
 MOVS SUP PARCIAL : PROY/A moler  
 CICLO : Sin filtro  
 DIFERIDAS ZAFRA ANTERIOR : Sin filtro

PAG # 27  
 PROCESO : 930625  
 INGENIO : SAN SEBASTIAN  
 ZAFRA : 92-93

CLAVE PRODUCTOR	RANGO.CULTIVO INICIO	SUPERF FIN	VOLUMEN (Has)	REND (Ton)	REND (T/H)	CULTIVO Gas(N\$)	COSECHA Gas(N\$)	INGRESO Tot(N\$)	UTILID Tot(N\$)
3909082106	920403	930522	4.6	426	92.6	18524	8520	42382	15338
3909084106	920306	930501	4.0	399	99.8	15256	7930	39696	16460
3909086106	920313	930508	6.5	690	106.2	25024	11800	68646	29823
3909088106	920328	930515	3.7	365	98.6	14244	7300	36313	14769
3909090106	920320	930515	4.9	457	93.3	19040	9140	45466	17286
3909091106	910413	930220	1.0	115	115.0	8812	2300	11441	130
3909092106	920415	930529	4.5	439	97.6	17959	8780	43675	16936
3909097106	920322	930515	3.5	325	92.9	30337	6500	32333	-4474
3909099099	920306	930501	1.6	149	93.1	6102	2980	14824	5741
3909104103	920328	930515	1.9	92	92.6	3830	1840	9151	3463
3909105106	910413	930220	1.5	173	115.3	13217	3460	17211	534
3909109099	920328	930515	2.0	184	92.0	7760	3660	18306	6226
3909110105	910511	930313	1.9	218	114.7	16987	4360	21688	442
3909111103	920228	930501	3.0	282	94.0	11442	5640	28056	10974
3909112099	920313	930508	2.3	215	93.5	8855	4300	21390	8235
3909112099	920313	930508	0.7	65	92.9	2695	1300	6467	2472
3909113103	920306	930501	1.5	140	93.3	5721	2800	13928	5407
3909114105	920320	930515	1.5	140	93.3	5829	2800	13928	5300
3909115099	920313	930508	3.0	280	93.3	11549	5600	27857	10707
3909116070	920313	930508	1.5	159	106.0	5775	3180	15819	6864
3909118099	920313	930508	0.2	20	100.0	770	400	1990	820
3909118099	920313	930508	1.8	183	101.7	6930	3660	19206	7617
3909119106	920306	930501	1.5	140	93.3	5721	2800	13928	5407
3909121103	920415	930529	1.2	111	92.5	4789	2220	11043	4034
3909122070	920313	930508	1.5	140	93.3	5775	2800	13928	5354
3909127106	910316	930206	2.5	291	116.4	22124	5820	29951	1007
3909128106	910615	930410	1.3	143	113.8	6042	2960	14724	5723
3909131099	920328	930515	1.0	99	99.0	3850	1980	9849	4019

3909132014	920415	930529	0.5	46	92.0	1995	920	4576	1661
3909132014	910505	930313	0.5	58	116.0	4444	1160	5770	166
3909133099	920313	930508	0.8	80	100.0	3080	1600	7959	3279
3909136165	920306	930501	1.5	153	102.0	5721	3060	15222	6441
3909137166	910309	930130	1.4	163	116.4	12349	3260	16216	567
3929001101	920108	930424	0.6	59	98.3	5218	1180	5870	-529
3929002101	910719	930424	8.7	982	112.9	39230	19640	97697	38827
3929003101	910601	930327	1.4	179	127.9	6506	3580	17808	7722
3929004101	920415	930529	8.2	755	92.1	32726	15100	75113	27287
3929005101	910813	930424	6.0	663	110.5	26419	13260	65960	26281
3929010107	920306	930508	10.6	936	94.0	40427	19920	99090	38742
3929012110	920306	930508	10.3	1031	100.1	39283	20620	102572	42669
3929013110	920306	930508	1.0	94	94.0	3814	1880	9352	3658
3929015101	920207	930424	0.2	19	95.0	1732	380	1890	-222
3929018101	910813	930424	1.3	144	110.8	5724	2880	14326	5722
3929019155	900615	930102	11.5	1587	138.0	107027	31740	157887	19120
3929020155	900921	930102	3.0	388	129.3	27692	7760	38601	3150

-----  
4111 472390 114.9 20811551 9447800 46996953 16737603

#### 10.2.4 Volumen a industrializar.

La estimación del volumen total de caña a industrializar se obtiene con la suma de las TCMS calculadas en el rango probable de duración de la zafra.

Las TCMS se estiman por el método de mínimos cuadrados. Para cada semana proyectada se utiliza la información disponible de zafras anteriores a fechas relativas.

Con el volumen de molienda calculado se sincronizan todos los ciclos en cultivo, permitiendo estimar el rendimiento y por lo tanto la superficie a industrializar.

Del volumen de molienda puede derivarse con facilidad las toneladas de azúcar a producir y los ingresos a nivel ingenio.

En el control de reportes se encuentra un programa que imprime o visualiza en pantalla esta información. El siguiente reporte pertenece al estimado de molienda proporcionado por el Sistema para la zafra 91-92.

INGENIO : SAN SEBASTIAN						PAG # 1	
MOLIENDA : 92-93						PROCESO : 93.06.22	
No.	FECHA	FECHA S	No.	DIAS	TONELADAS DE CAÑA MOLIDA		
SEM	INICIO	FIN	W	DIAS ACUM	DIA	SEMANA	ACUMULADO
1	92.12.26	- 93.01.01	T	4	4	1,317.5	5,270
2	93.01.02	- 93.01.08	T	7	11	2,420.0	16,940
3	93.01.09	- 93.01.15	T	7	18	2,345.7	16,420
							38,630

4	93.01.16	-	93.01.22	T	7	25	2,977.1	20,840	59,470
5	93.01.23	-	93.01.29	T	7	32	2,255.7	15,790	75,260
6	93.01.30	-	93.02.05	T	7	39	3,042.9	21,300	96,560
7	93.02.06	-	93.02.12	T	7	46	3,065.7	21,460	118,020
8	93.02.13	-	93.02.19	T	7	53	3,258.0	22,806	140,826
9	93.02.20	-	93.02.26	T	7	60	3,185.7	22,300	163,126
10	93.02.27	-	93.03.05	T	7	67	3,178.6	22,250	185,376
11	93.03.06	-	93.03.12	T	7	74	3,065.7	21,460	206,836
12	93.03.13	-	93.03.19	T	7	81	2,982.9	20,880	227,716
13	93.03.20	-	93.03.26	T	7	88	3,428.6	24,000	251,716
14	93.03.27	-	93.04.02	T	7	95	3,292.9	23,050	274,766
15	93.04.03	-	93.04.09	T	7	102	2,545.7	17,820	292,586
16	93.04.10	-	93.04.16	T	7	109	3,062.9	21,440	314,026
17	93.04.17	-	93.04.23	T	7	116	3,207.1	22,450	336,476
18	93.04.24	-	93.04.30	T	7	123	3,150.0	22,050	358,526
19	93.05.01	-	93.05.07	T	7	130	3,100.0	21,700	380,226
20	93.05.08	-	93.05.14	T	7	137	3,248.8	22,742	402,968
21	93.05.15	-	93.05.21	T	7	144	3,514.2	24,599	427,567
22	93.05.22	-	93.05.28	F	7	151	3,200.0	22,400	449,967
23	93.05.29	-	93.06.04	F	7	158	3,200.0	22,400	472,367

### 10.2.5 Límite crediticio del ingenio.

Las inversiones necesarias en la operación de un ingenio y en el proceso productivo de la zona cañera son tan fuertes, que son contados los ingenios del país que pueden cubrirlas con recursos propios. Como en casi todos los ingenios su funcionamiento depende del crédito, es necesario calcular la fuente de pago, que radica en el volumen de azúcar a producir.

Con la estimación del precio del kilogramo de azúcar, de los rendimientos esperados en fábrica (azúcar por tonelada de caña) y el volumen a moler proporcionado por el Sistema, se calculan las toneladas de azúcar por zafra proyectada, para finalmente obtener el posible ingreso bruto de un ingenio. Al deducir los costos administrativos y de operación de la fábrica se puede estimar la proporción en la cual el ingenio es sujeto de crédito.

### 10.3 ACTUALIZACIONES PARA NUEVAS PROYECCIONES.

Ce Acatl tiene la capacidad de incorporar cambios a la base de datos, con los movimientos particulares de las condiciones del campo para generar nuevas proyecciones con información actualizada.

### **10.3.1 Superficies cultivadas.**

Las superficies en cultivo pueden tener un fin diferente a su molienda. Para efectos de una reproyección es importante conocer las superficies que se siniestraron, cuales fueron utilizadas como semilleros, o cuales se cortaron para otros fines. Con la captura de esos datos, las siguientes proyecciones son mucho más exactas, sobre todo cuando se han hecho alteraciones de tipo manual no consideradas en la proyección inicial.

El Sistema respeta los avances físicos de la zafra o los movimientos del campo y re proyecta solo el complemento; por tal razón, las actualizaciones de información son necesarias durante el desarrollo de la zafra o con cualquier movimiento de superficies.

### **10.3.2 Indices de realización.**

En los presupuestos para la producción elaborados manualmente, el ingenio estima la realización de las labores en base a un porcentaje en relación con el total de superficie, que al ser manipulados le permite tener mayor libertad en la disposición de recursos financieros.

En Ce Acatl se permite el uso de esos índices, pero la tendencia es a eliminarlos porque el cálculo de los requerimientos financieros se hace a partir de los trabajos e insumos a nivel parcelario.

### **10.3.3 Actualización de costos.**

En la proyección inicial se establecen los costos vigentes por labor o concepto. Al considerar que la duración mínima del ciclo de cultivo es de un año, resulta evidente que los costos se verán afectados por los índices inflacionarios. El Sistema acepta una actualización de costos en los fenotipos de producción antes de elaborar otra proyección. De esta forma es posible obtener una re proyección con costos actualizados.

#### 10.3.4 Reproyección.

La capacidad de re proyectar de Ce Acatl permite elaborar los estimados de producción de caña de una zafra determinada.

La fecha de inicio, el volumen a industrializar y el final de una zafra proyectada se elabora a partir de los datos históricos de las zafras anteriores.

Un primer estimado de producción parte de la información de los resultados de la última zafra terminada. Aunque en este momento la fecha de inicio de la próxima es muy incierta y se tiene que esperar a fechas cercanas al inicio o el inicio físico para generar otro estimado.

En el primer estimado se calcula una fecha de inicio de zafra (primera semana relativa) y una fecha de terminación (última semana relativa), la amplitud del intervalo de molienda se estima en base al promedio de duración de las zafras reales anteriores, las fechas se ajustan de ambos extremos hacia el centro.

La capacidad total de la fábrica se estima a partir de las TCMS, si el volumen de caña a moler es mayor, los excedentes pasan a formar parte de la programación de cañas diferidas.

El segundo estimado tiene la ventaja de conocer con certeza la fecha de inicio de la zafra y de contener información actualizada en el lapso comprendido entre éste y el primero.

Debido a la incertidumbre del fin de zafra y a los problemas impredecibles en el campo y la fábrica, se pueden elaborar nuevos estimados de producción durante el desarrollo de la zafra, actualizando las cuotas de caña ya procesadas y las superficies de los productores que ya cosecharon su caña, o que tuvieron algún otro movimiento. Entre un estimado y otro, el último es más confiable que el anterior, debido a la actualización de datos relativos al comportamiento físico del campo y la fábrica.

Estos datos se manipulan por el usuario y se pueden imprimir, después de actualizar los avances y de recalcular.

#### 10.4 CONTROL DEL CAMPO CAÑERO.

En los ingenios del país es frecuente que se tenga un exceso o falta de materia prima. Se han dado casos de cierre de ingenios debido a la insuficiencia de caña industrializable. En el otro extremo, la sobreproducción obliga a ciertas cañas a permanecer por más tiempo en los terrenos, lo que representa mayores gastos de cultivo y un período mayor de ausencia de ingresos para el productor. Hasta ahora no se sabe con exactitud si el incremento de los rendimientos por el alargamiento del ciclo es suficiente para justificar su diferimiento. En San Sebastián, la mayoría de las variedades soporta el diferimiento, pero en otros ingenios, por restricciones ecológicas, las cañas se deterioran o se pierden al quedarse de una zafra a otra. Con la información proporcionada por Ce Acatl sobre cañas diferidas, es posible establecer un control estricto sobre el tamaño del campo cañero.

##### 10.4.1 Integración de superficies.

La integración de superficies visualiza la composición del campo cañero en un momento determinado.

La información almacenada por Ce Acatl permite revisar el campo en zafra anteriores.

Por la dinámica de la zafra, las proyecciones se almacenan temporalmente y se modifican con cada una de las reproyecciones. Hasta que la zafra termina, su información se almacena en forma permanente.

El Sistema cuenta con un programa de reporte que diferencia seis atributos de superficies.

- 1) Tipo de propietario.
- 2) Disposición de agua.
- 3) Variedad.
- 4) Ciclo.
- 5) Movimiento parcial de superficies.
- 6) Movimiento final de superficies.



INGENIO : SAN SEBASTIAN  
INTEGRACION DE SUPERIFICES  
ZAFRA 92-93

PAG # 1  
FECHA DE PROCESO : 93.06.25

CICLO	SUPERFIC (Has)
PLANTA	706.35
SOCA	1597.55
RESOCA 1	1363.50
RESOCA 2	647.80
RESOCA 3	830.20
RESOCA 4	558.25

#### 10.4.2 Control de renovación de cepas.

En la práctica la renovación de cepas obedece a la disminución evidente de los rendimientos de las superficies ocupadas con las resocas mas viejas, aunque también se da, con menos frecuencia, en superficies siniestradas o con problemas desde la siembra. De cualquier forma las siembras de reposición son selectivas, pero el problema radica en que el ingenio elabora los programas sin tener la certeza de que superficies se voltearán o debieran voltearse. En Ce Acatl se tiene un conocimiento exacto de los ciclos que ocupan cada unidad de superficie y de sus rendimientos reales y proyectados. Separando las resocas más viejas o las de menor rendimiento se identifica la ubicación, el tamaño de la superficie y al productor correspondiente. Con esto el Sistema propone los programas de renovación de cepas organizados de acuerdo a situaciones reales.

#### 10.4.3 Control de crecimiento del campo cañero.

Entre el campo cañero y la fábrica existe un vínculo muy estrecho. En general el tamaño del campo se determina en función de la molienda efectiva. Ce Acatl es capaz de estimar con precisión los volúmenes totales de caña existentes en el campo en un momento determinado, y de éstos, los que estarán en condiciones de ser industrializados. La utilización correcta de esta información conduce a la toma de decisiones en cuanto al incremento o decremento de las superficies en cultivo.

## CONCLUSIONES.

- 1) La ausencia de un Sistema de control eficiente sobre los múltiples procesos agrícolas y sus interrelaciones con la fábrica, implicó la definición de un modelo conceptual con base metodológica en el análisis de sistemas. El desarrollo de Ce Acatl, dentro del medio electrónico permite revertir el modelo conceptual de lo abstracto a lo concreto.
- 2) La programación de Ce Acatl, con características de proceso automático, eficiencia en tiempo de proceso y del espacio de almacenamiento, facilitan la manipulación de grandes volúmenes de datos que a su vez, permiten resolver gran parte de la problemática administrativa, operativa y de estimación de requerimientos financieros del proceso productivo.
- 3) Ce Acatl constituye una nueva herramienta para la organización de la información, con capacidad de hacer estimaciones de producción y rendimientos unitarios altamente confiables, de forma que es posible prescindir de los estimados físicos.
- 4) Con la información calculada por Ce Acatl se pueden evaluar las variedades bajo condiciones de producción. Con la reciente desaparición del IMPA, representa una opción importante.
- 5) La mecánica implícita en el funcionamiento de Ce Acatl sobre el proceso productivo posibilita su implementación en cualquier ingenio azucarero del país, en la Institución financiera responsable del crédito al campo cañero y en todas aquellas entidades relacionadas con la industria azucarera.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFIA.

"Censo de maquinaria agrícola y de transporte 1990/91 del ingenio San Sebastián, S.A."

"Comunicado del Ingenio San Sebastián, S.A. al Agente de Agricultura en el estado de Michoacán". Febrero 21 de 1992.

"Datos del análisis del muestreo de suelos del área cañera del ingenio San Sebastián." Campo experimental IMPA. Los Reyes, Mich.

"Inversiones en fábrica y desarrollo agrícola propuesto por el ingenio San Sebastián, S.A. en cumplimiento al Contrato de Compra-Venta". Abril de 1992.

"Plan de desarrollo de la zona de abastecimiento del ingenio San Sebastián, S.A." Azúcar, S.A. de C.V. Delegación Regional Centro-Balsas. Abril de 1990.

"Primer estimado de producción para la zafra 1991/92 de la Gerencia Técnica de Campo de la FINA, S.N.C.". Noviembre de 1991.

"Segundo estimado de producción Zafra 1991/92 de la Gerencia Técnica de Campo de la FINA, S.N.C.". Sept. de 1991.

"Situación actual de la Industria Azucarera en el Estado de Michoacán, su proyección 1990/94 y posibilidades de expansión." Azúcar, S.A. de C.V. Delegación Regional Centro Balsas. Mayo de 1990.

Caso González, L. *Cinco siglos de vida de las comunidades cañeras en México*. FIOSCER, México, 1987.

*Catálogo de variedades de caña de azúcar*. Serie Divulgación Técnica. IMPA, México, 1981.

Claude, M. *Michoacán en la Nueva España del Siglo XVIII. Crecimiento y desigualdad*, citado por Crespo, H. (et.al). *Historia del azúcar en México*, tomo I. FCE, México, 1988.

*El cultivo de la caña de azúcar en la región Jalisco-Colima*. IMPA, México, 1976.

*Estadísticas azucareras 1990*. Azúcar, S.A. de C.V. México, 1991.

*Estudio Monográfico de Comunidades Cañeras*. (FIOSCER). Cía. Editorial Electrocom, S.A., 1982.

Fauconnier, R. (et.al). *Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. Ed. Blume, Barcelona, España, 1975.

FitzGerald, J. (et.al). *Fundamentos del análisis de sistemas*. Ed. CECSA. México, 1989.

Freedman, A. *Glosario de Computación*. Ed. McGraw-Hill, 3a. ed., México, 1984.

Gallaga, R. *La reestructuración de la industria azucarera y el comercio externo de México*. Tesis para optar por el grado de Licenciado en relaciones Exteriores. UNAM, 1976.

García de Miranda, E. *Apuntes de climatología*. Offset Larios, segunda edición. México 1978.

García Espinoza, A. *Manual de campo en caña de azúcar*. 3a. edición, IMPA, México 1984.

González Gallardo, A. (et.al). *Sazonado y maduración de la caña de azúcar*. IMPA, México 1974.

Grajales Muñiz, O. *Manual de fisiología vegetal*. FES-C UNAM, Ing. Agrícola.

Guía de planeación y control de las actividades agrícolas. Ed. SEP-FCE. México, 1980.

Gujarati, D. *Econometría básica*. Ed. McGraw-Hill, México, 1982.

Little, T. M. *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura*. Ed. Trillas. México, 1983.

Lotus 123, Hoja de cálculo y Regresión simple. Manual de referencia, guía del usuario.

Lugo Villanueva, O. *Clipper*. Dirección General de Servicios de Cómputo para la Administración-UNAM. Apuntes. México, 1990.

Maddala, G. *Econometría*. Ed. McGraw-Hill, México, 1977.

*Manual Azucarero Mexicano 1990*. Cía. Editora del Manual azucarero, S.A. México, 1991.

Microsoft. *MS-DOS Condensed Edition 4.01*. Guía del usuario, Referencia para el usuario y guía del usuario shell.

Milton Poelhman, J. *Mejoramiento de las cosechas*. Volumen I, nueva edición 1990. Ediciones Ciencia y Técnica. México, 1990.

Norton Guides, *Clipper 5.01a*. Manual electrónico en línea.

P. Humbert, R. *El cultivo de la caña de azúcar*. Ed. CECSA. 4a. impresión. México, 1980.

P. N. Camargo. *Fisiología de la caña de azúcar*. Traducido y complementado por Ortiz Villanueva, B. Serie divulgación técnica del IMPA, folleto No. 6. México, 1976.

Rodríguez Camacho, R. "Informe de Comisión al ingenio San Sebastián, S.A. ante la Gerencia Técnica de Campo de la FINA, S.N.C.". Junio de 1989.

Rojas Soriano, R. *Guía para realizar investigaciones sociales*. Ed. UNAM. 7a. ed. México, 1982.

Rosenblueth, A. *El método científico*. Ed. Fournier. México, 1984.

Seen, J. *Análisis y diseño de sistemas de información*. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de México. México, 1988.

*Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán*. INEGI, México, 1978.

Soft-tek. *Técnicas de ingeniería de software aplicadas al análisis de sistemas de información*. Apuntes. México, 1989.

Soft-tek. *Técnicas de ingeniería de software aplicadas al diseño de sistemas de información*. Apuntes. México, 1990.

Vara, F.(et.al). *Agrotecnia de la caña de azúcar*. Empresa Editorial Oriente, Santiago de Cuba, 1979.