Reg 63138

ANALISIS DE INFORMACION SOBRE RESULTADOS DE PRODUCCION COMERCIAL EN CULTIVOS DE CAÑA DE AZUCAR EN COLOMBIA

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, CENICAÑA

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

Alberto Palma Zamora
Carlos Arturo Moreno Gil
Liliana Vivas Díaz
Carlos Adolfo Luna González
Cali, Colombia, Abril 1995

INTRODUCCION GENERAL

Con el objeto de empezar estudiar variables que pueden ser utilizadas en las comparaciones de las diferentes tecnologías generadas por el Centro de investigación y adoptadas por la industria y conocer el comportamiento de la producción del sector azucarero Colombiano, se han recopilado datos de los resultados comerciales anuales de toda la industria entre 1960 y 1980; datos de producción mensual y algunas variables de clima para unos pocos ingenios a partir de 1981; y desde enero de 1990 datos completos de producción y datos parciales de manejo y clima. En la actualidad hay más de 160000 Ha. de tierras cultivadas en caña de azúcar a lo largo y ancho del valle geográfico del río cauca, de los cuales aproximadamente el 75% es cosechada cada año y durante todo el año. El hecho de cosechar caña todos los días permite que el cultivo esté sometido permanentemente a las variaciones climáticas diarias, aumentando considerablemente los factores que pueden afectar la producción.

El análisis de estos datos, además de proporcionar un conocimiento del cultivo a nivel comercial y retroalimentar la investigación, ha permitido también empezar a resaltar ante los administradores y

técnicos de los ingenios la importancia del análisis de datos como herramienta fundamental en la toma de decisiones.

En el manejo de estos datos comerciales se pueden presentar algunos inconvenientes como los siguientes:

- Presencia de datos inconsistentes generados como resultado de cambios en tecnologías u otro tipo de eventos no registrados, en estos casos nos hemos apoyados en técnicos que tienen un buen conocimiento de la industria.
- Limitaciones por el rango de las variables que no permiten detectar relaciones, cuando este es muy pequeño, así estas relaciones sean fuertes (por ejemplo la edad de cosecha).
- Confusión de efectos al atribuirle a una variable un efecto, cuando puede ser debido a una interacción con otra.

Respecto a las características de estos estudios podemos decir que son análisis con datos históricos del sector azucarero (estudio retrospectivo), analizando variables a través del tiempo (estudios longitudinales), y también para un momento específico (estudios transversales). Con estos datos también se han realizado análisis descriptivos, comparativos (de efecto a causa) y se han cuantificados efectos y descritos comportamientos dependiendo de cambios registrados en las variables de explicación (estudios observacionales). El análisis de estos datos como pseudoexperimentos se caracteriza por que no existe una asignación aleatoria a los diferentes niveles de un factor o combinaciones de niveles de varios factores a las unidades de estudio.

Como se mencionó anteriormente estos análisis han permitido retroalimentar el proceso de investigación, al detectar factores donde es necesario realizar experimentación; establecer pautas para manejar el cultivo de una manera más adecuada mientras se liberan nuevas metodologías resultantes de la investigación, generar alternativas para mejorar los niveles de eficiencia y realizar comparaciones más razonables al momento de la toma de decisiones respecto a variedades, número de cortes, edad de cosecha, etc., utilizando variables que integran tanto resultados de producción como recursos involucrados en la actividad.

CASO 1
ANALISIS DESCRIPTIVO DEL INGRESO NETO COMO UNA VARIABLE DE DECISION EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZUCAR

1.1. INTRODUCCION

El objetivo de este documento es mostrar cómo a partir del análisis de datos comerciales se llegó a una metodología que logra conjugar en el ingreso neto por tonelada de azúcar dos variables importantes en la toma de decisiones en un cultivo de caña de azúcar como son el tonelaje de caña y el contenido de azúcar, permitiendo hacer comparaciones más reales entre variedades, cortes, zonas u otras tecnologías y fuentes de variación que pueden ser de interés.

1.2. ANALISIS DE LA RELACION ENTRE EL TCH Y EL ARE

1.2.1 TONELADAS DE AZUCAR POR HECTAREA

En la actualidad el negocio más importante del sector azucarero es producir y vender azúcar. En el campo, la producción de azúcar depende del tonelaje de caña por hectárea (TCH) y de la relación de azúcar recuperable por unidad de peso de caña (ARE).

Para evaluar nuevas tecnologías en un cultivo de caña de azúcar, el sistema más sencillo y por ende más usado, es la comparación del producto del TCH por el ARE que genera las toneladas de azúcar por hectárea (TAH). Pero esta variable presenta algunos inconvenientes ya que se puede generar el mismo nivel de TAH con diferentes combinaciones de TCH y ARE. Lo cual implica que este método por si sólo no permite seleccionar la tecnología más rentable.

Con información comercial se pudo observar que en promedio el TCH disminuía cuando el ARE aumentaba (**figura 1**). Aunque también hay casos de TCH bajos con ARE bajos y TCH altos con ARE altos. Los ingenios y cultivadores de caña de azúcar se preguntan por los valores de TCH y ARE que produzcan los mejores resultados. Es decir, la combinación óptima.

La variable TAH ha sido utilizada tanto a nivel comercial como experimental para comparar variedades, número de cortes y otras tecnologías, pero en la actualidad existen series dudas de utilizar el TAH con criterio de decisión.

En la **figura 2** se involucran las variables TCH, ARE y TAH en una representación tridimensional y se puede observar todas las posibles combinaciones de TCH y ARE para generar un mismo valor de TAH. Es decir:

$$TAH = F(ARE, TCH) \quad (1)$$

Para simplificar la representación interceptamos las superficie (1) por el plano TAH=K y la curva de intercepción la proyectamos en plano ARE*TCH. Esta curva proyectada tiene por ecuación F(ARE,TCH)=K, y esta sería una curva de nivel o una curva de contorno. Al considerar diferentes valores de TAH se obtiene un conjunto de curvas de nivel (mapa de contorno). Si fijamos un valor de TAH=K, entonces la curva de nivel resultante estaría conformada por todas las combinaciones de ARE y TCH que dan como resultado el valor de K para las TAH.

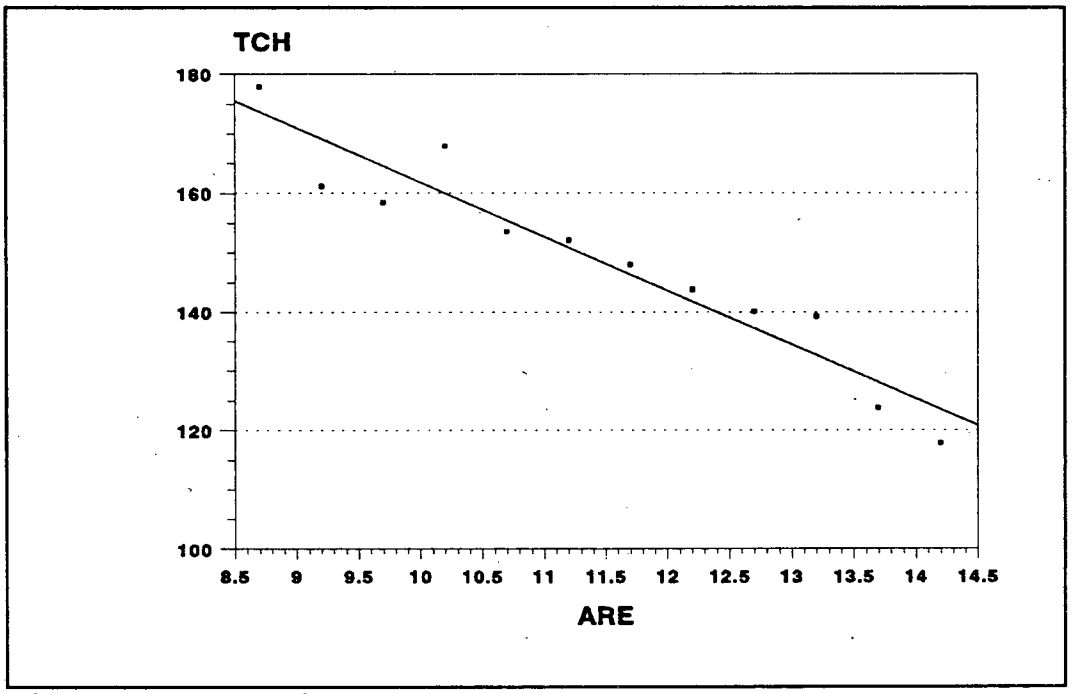

Figura 1. Relación entre TCH y ARE.

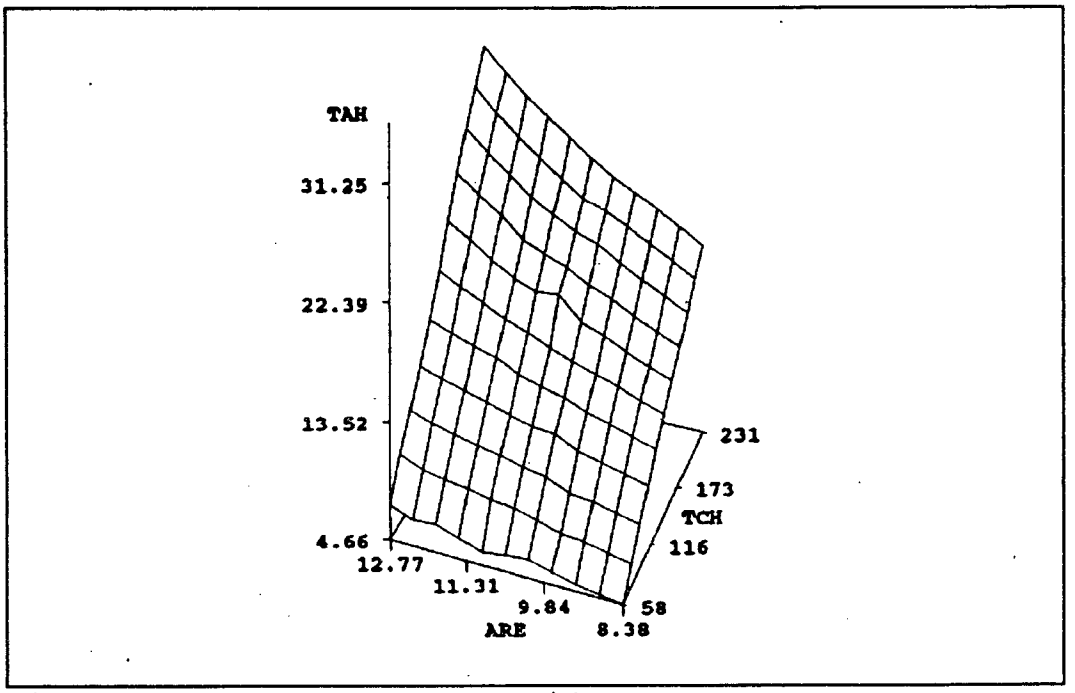

Figura 2. TAH como una relación de TCH y ARE

En la **figura 3** se han generado dirferentes curvas de nivel para diferentes valores de TAH.

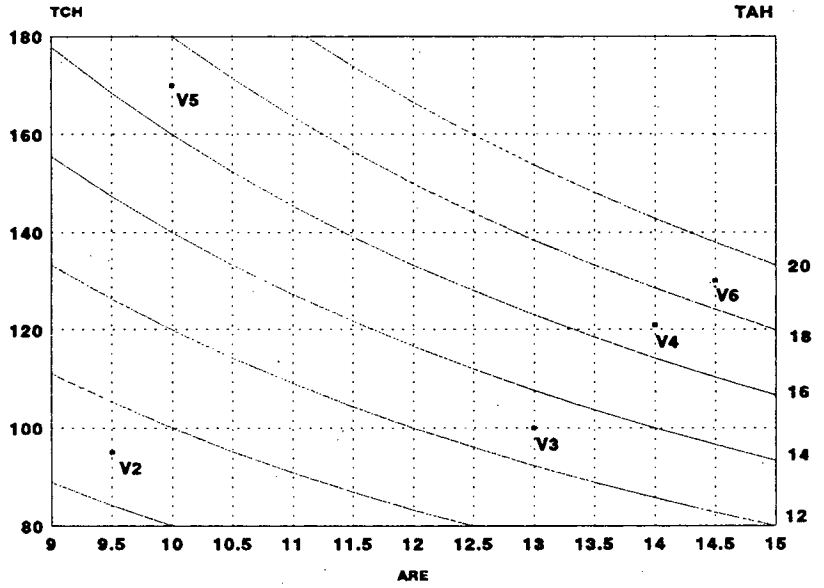

Figura 3. Curvas de Isoproductividad por hectárea cosecha.

La **figura 3** nos permite detectar rápidamente las producciones de TAH de diferentes variedades y además cuál es el origen de las TAH, es decir, si es el resultado de altos valores de ARE o de altos valores de TCH o viceversa. Por ejemplo, se puede ver que las variedades V5 y V4 tienen el mismo valor de TAH, pero V5 es el resultado de altos TCH y bajos valores de ARE y V4 es producto de altos valores de ARE y TCH menores. Como se puede observar un resultado bueno o malo de TAH depende de la forma cómo se halla obtenido. Lo cual está indicando que esta variable por si sola, no puede ser utilizada como criterio para decidir si una variedad, zona o tecnología es mejor que otra.

Como observamos en la **figura 3**, las variedades V4 y V5 tienen la misma producción de TAH; pero la variedad V4 incurre en menos costos que la variedad V5, debido a una menor biomasa y esto implica menores costos de corte, alce, transporte, molienda y pago de caña como insumo en la elaboración de azúcar.

1.2.2 INGRESO NETO POR TONELADA DE AZUCAR

Se consideró el ingreso neto por tonelada de azúcar, que combina TCH, ARE y los costos asociados para lograr producir la tonelada de azúcar, como la variable que permite hacer comparaciones más reales entre tecnologías.

Esta relación se expresa de la siguiente forma:

Ingreso neto = valor de la producción - costos de producción[3].

De una manera más explícita tenemos:

$$I = V - C1 - \frac{C2 * \frac{C3}{TCH}}{ARE} \qquad (2)$$

Donde,

I	:	Ingreso neto por tonelada de azúcar
V	:	Valor de la producción
C1	:	Costos de fabricación
C2	:	Costos de molienda, corte, alce y transporte
C3	:	Costos de campo más costos de la tierra

Con información de uno de los ingenios, se fijaron rangos de ARE y se determinó el ingreso y el TCH promedio para cada rango, y con esto se pudo observar **(figura 4)** que el ingreso neto por tonelada de azúcar se incrementa hasta alcanzar un valor máximo de $190392, cuando el ARE es de 13.2 y el TCH es de 139.3. Este procedimiento plantea, lo que ocurre con el ingreso neto y el TCH cuando

[3]COCK, J; LUNA, C.A; PALMA, A.E; 1992. "Tonelaje o rendimiento".

se incrementa el ARE. El procedimiento siguiente fue observar lo que ocurría con el ingreso neto por tonelada de azúcar y el ARE si se incrementaba el TCH; el resultado se puede apreciar en la **figura 5**, donde el máximo de ingreso neto es de $184469 y lo alcanza para un valor de 11.2 de ARE y 175 de TCH. Pero este máximo de ingreso neto vía TCH se puede alcanzar también vía ARE, con la combinación: ARE=12.3 y TCH=145 observando la figura 4, que desde el punto de vista práctico es más factible en el mediano plazo, sin necesidad de tratar de obtener el TCH de 175, que es difícil de lograr como promedio y que puede traer repercusiones negativas desde el punto de vista de costos.

Es decir, un objetivo a largo plazo es alcanzar la combinación ARE=13.2 y TCH=139.3; y a mediano plazo el objetivo de ARE=12.3 y TCH=145, logrando de esta manera optimizar los ingresos netos por tonelada de azúcar.

De los comentarios anteriores se puede resaltar en primer lugar, que el ingreso neto por tonelada de azúcar relaciona de una manera más adecuada las variables ARE y TCH dado que considera su efecto conjunto asociado con los costos involucrados en la producción y muestra la combinación más eficiente para obtener azúcar, y un segundo aspecto a considerar, es el hecho de obtener mejores ingresos cuando se incrementa el ARE (conservando unos niveles de TCH), dada la disminución de los costos.

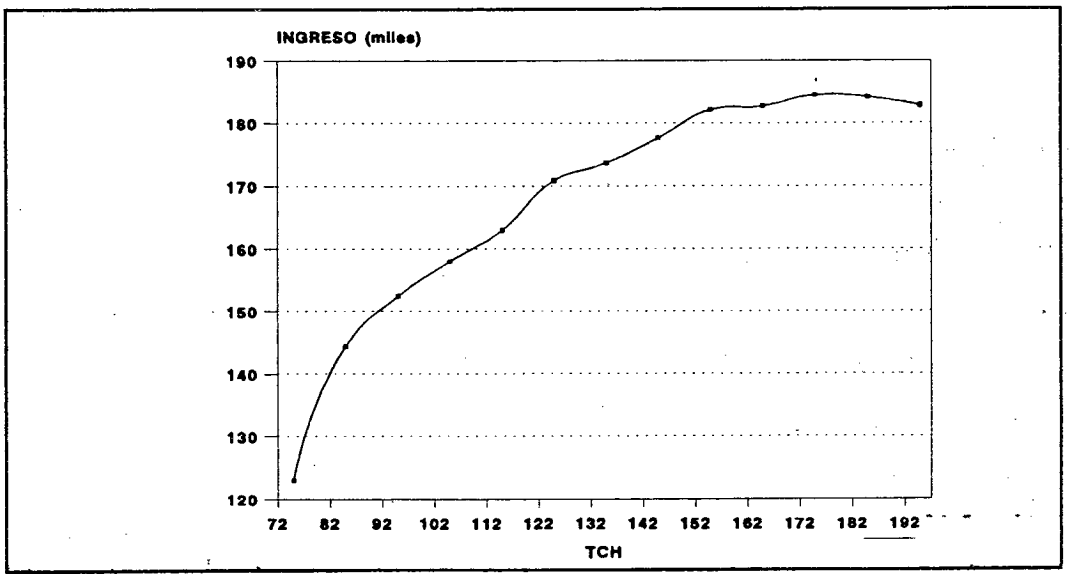

Figura 4. Relación entre Ingreso neto por tonelada de azúcar y TCH.

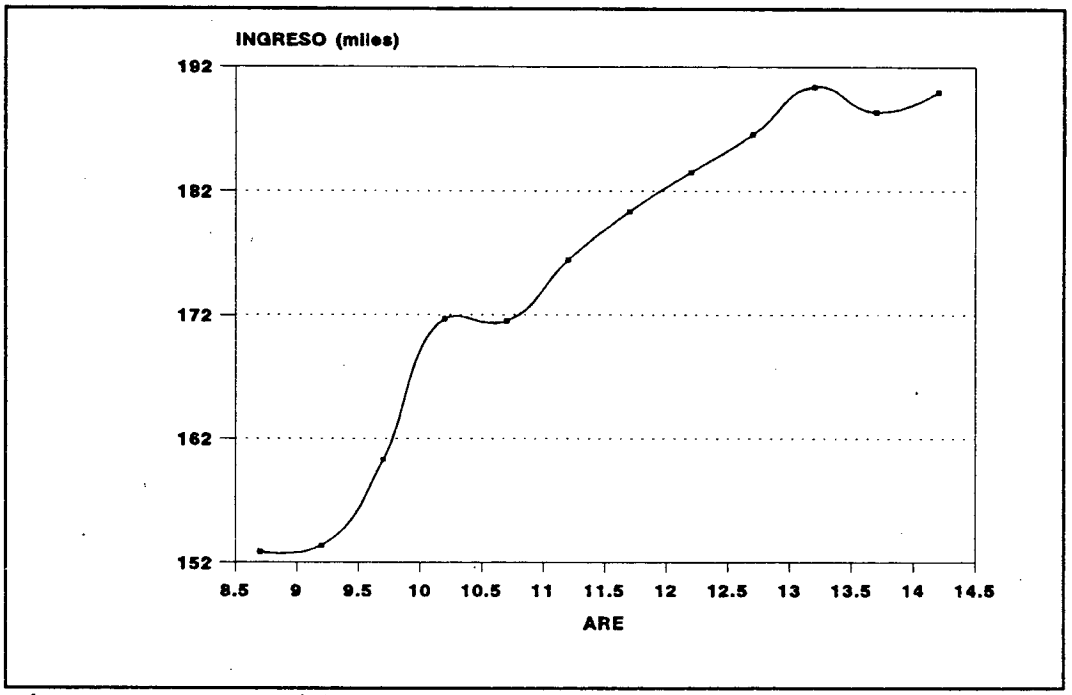

Figura 5. Relación entre Ingreso neto por tonelada de azúcar y ARE.

1.3. COMPARACIONES

1.3.1 COMPARACIONES GENERALES DENTRO DE UN INGENIO

Con información comercial de uno de los ingenios y utilizando la variable **I** se realizaron comparaciones entre variedades, número de cortes y semestre para evaluar la gestión administrativa de un año y poder hacer ajustes para el período siguiente. En este análisis se pueden involucrar otras variables de explicación como zonas, riegos y otros manejos utilizados en el desarrollo del cultivo.

En el cuadro 1 se observa cómo cambia la clasificación cuando se consideran los promedios de ingreso neto respecto a los promedios en TAH y las respectivas combinaciones de TCH y ARE, además el intervalo de confianza para el ingreso neto. Para la variable TAH la variedad 82 y 65 ocupan los primeros lugares, sin embargo para el ingreso neto la variedad 65 no se diferencia mucho

de la 45, la variedad 82 tiene un rango muy amplio para el ingreso y las dos últimas variedades del cuadro, se diferencian claramente del resto. Observamos que las TAH de la variedad 45 es menor que las obtenidas por la 65 y la 82, sin embargo debido al valor obtenido en el ARE logra superar a la 82 en el ingreso, acercarse bastante a la 65 y alejarse de la 57 con quien tiene el mismo TAH.

CUADRO 1. Promedios por variedad, año de 1993.

Variedad	TAH	Ingreso Neto	Intervalo de confianza del 95% para el ingreso	TCH	ARE
82	18.9	176706	170480 - 182932	181.2	10.5
65	18.9	181241	179452 - 183030	170.0	11.1
45	16.9	178827	176840 - 180814	141.6	11.9
57	16.8	175103	172556 - 177650	151.3	11.2
20	15.6	167389	164963 - 169815	148.4	10.6
40	13.8	164379	160302 - 168456	122.4	11.3

Al comparar el número de corte se observa en el **cuadro 2**, que las TAH marcan diferencias entre los tres cortes establecidos, por ejemplo entre el 1 y el 2 es de 9.4%, sin embargo para el ingreso neto esta diferencia se disminuyen al 1.6% entre los dos primeros cortes debido al incremento en ARE, a pesar de la disminución en el TCH.

CUADRO 2. Promedios para la variable número de corte.

Corte	TAH	Ingreso Neto	TCH	ARE
1	19.2	180760	177.2	10.9
2	17.4	177787	153.2	11.4
3	15.5	171635	136.1	11.4

La **figura 6** ilustra la relación variedad*semestre, se observa que el ingreso neto de las variedades depende del semestre. Hay dos casos bien marcados, la variedad 20 y la variedad 40. La primera tiene menor TCH y mayor ARE en el semestre 1, la diferencia en el ingreso es debida al mayor valor del ARE, y la segunda variedad incrementó tanto el TCH como el ARE en el semestre 2.

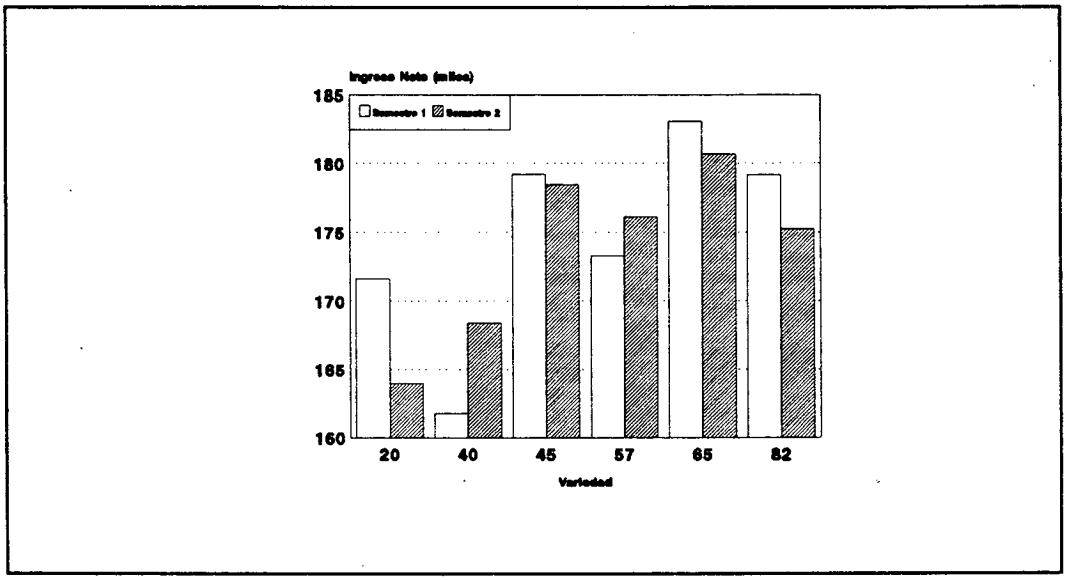

Figura 6. Efecto de la relación variedad*semestre en el ingreso neto.

1.3.2 COMPARACION CON UN ESTANDAR

En el **cuadro 3** se comparan todas las variedades con la variedad de mayor área sembrada (variedad 45), para saber cuáles difieren o son mejores que este estándar, en las variables TAH e ingreso neto por tonelada de azúcar.

CUADRO 3. Comparación con la variedad estándar

Variedad	Diferencia en TAH	Diferencia en Ingreso Neto	Diferencia en TCH	Diferencia en ARE
82-45	2.04	-2121	39.6	-1.4
65-45	1.96	2414	28.4	-0.8
57-45	-0.01	-3724	9.7	-0.7
20-45	-1.31	-11438	7.2	-1.3
40-45	-3.11	-14448	-19.2	-0.6

Para hacer una representación gráfica de esta comparación se utiliza la relación de ingreso neto por tonelada de azúcar, ecuación (2), y se expresa como[4]:

$$I = I_C + \delta \quad (4)$$

Donde,

I = Ingreso neto promedio por tonelada de azúcar.

I_C = Ingreso neto promedio por tonelada de azúcar del estándar.

δ = Delta ingreso neto promedio por tonelada de azúcar.

Reemplazando (4) en (2) y despejando δ se obtiene:

$$\delta = V - I_C - C1 - \frac{C2 + \frac{C3}{TCH}}{ARE} \quad (5)$$

[4] Ibid, pág ...

Esta expresión permite evaluar el impacto que tienen los cambios en parámetros tales como ARE, TCH y costos de producción en el campo, sobre el ingreso neto por tonelada de azúcar producida.

Con la expresión (5) se genera una cuadrícula que incluye una curva estándar de isoingreso neto y una serie de curvas para los delta-ingresos positivos o negativos en intervalos de $10000 (**figura 7**). Sobre esta cuadrícula se pueden ubicar valores de TCH y ARE provenientes de cualquier gestión administrativa de campo o de experimentos y compararlos respecto a un estándar que equivale al delta igual a cero; observando el efecto combinado de TCH y ARE reflejado en delta ingresos netos por tonelada de azúcar.

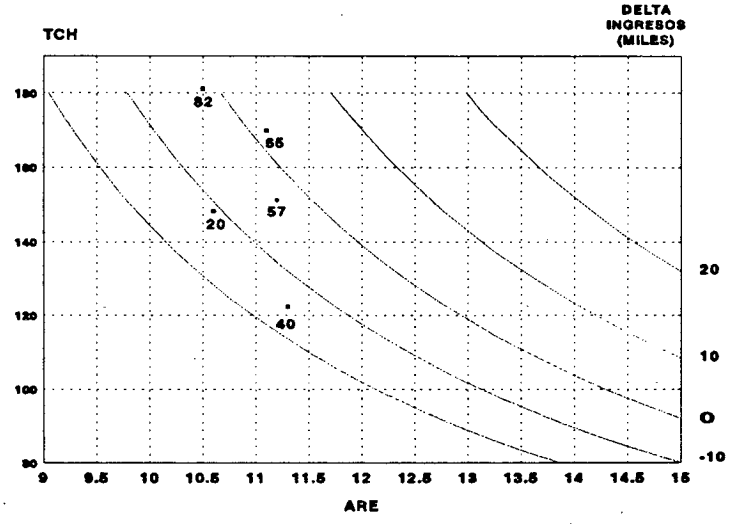

Figura 7. Curva de Isoingreso.

1.4. EDAD DE COSECHA Y RENTABILIDAD

En las secciones anteriores no se involucra la edad como factor que influye en las decisiones, sin embargo **a priori** se sabe que esta tiene gran influencia sobre la rentabilidad convirtiéndose en un parámetro importante para incluir en el modelo.

Información tanto de datos comerciales como experimentales indican que el TCH y el ARE pueden ser expresados como función de la edad de corte (en meses); TCH=F1(edad) y ARE=F2(edad).

Los costos de campo, C3 en la ecuación (2), incluyendo financiación, dependen de la edad de cosecha. Los costos C3 pueden descomponerse en costos iniciales C31, que incluye preparación de terreno, fertilización, riegos de germinación y control de malezas y C32 que incluye riegos y control de plagas, y los costos finales C33 que incluyen madurantes. Para simplificar el modelo se supone que todos los gastos iniciales ocurren en el momento de la siembra para plantilla y en el momento de la cosecha anterior en el caso de las socas. Para los gastos involucrados durante el ciclo vegetativo se asume que estos ocurren en la mitad del ciclo y los gastos finales (básicamente madurantes) dos meses antes de la cosecha. Así con el interés x por mes:[5]

$$C3 = C31*(1+x)^{EDAD} + C32*(1+x)^{EDAD/2} + C33*(1+x)^2 \qquad (6)$$

Para el costo de oportunidad de la tierra se utiliza un costo mensual CM y el costo por hectárea CH está dado por:

$$CH = CM*EDAD \qquad (7)$$

Reemplazando (6) y (7) en (5) y expresando TCH y ARE en función de la edad, obtenemos la siguiente expresión:

[5]Cock, J.; Luna C. A.; Palma A.E. 1992. "Edad óptima de corte"

$$\delta = V - I_C - C1 - \frac{C2 + \frac{C31 \cdot (1+X)^{EDAD} + C32 \cdot (1+X)^{EDAD/2} + C33 \cdot (1+X)^2 + CM \cdot EDAD}{F1(EDAD)}}{F2(EDAD)} \quad (8)$$

Utilizando la ecuación (8) podemos generar un gráfico que nos permite ver el comportamiento de los ingresos netos comparando los resultados obtenidos con una edad de corte establecida, como se puede observar en la **figura 8.**

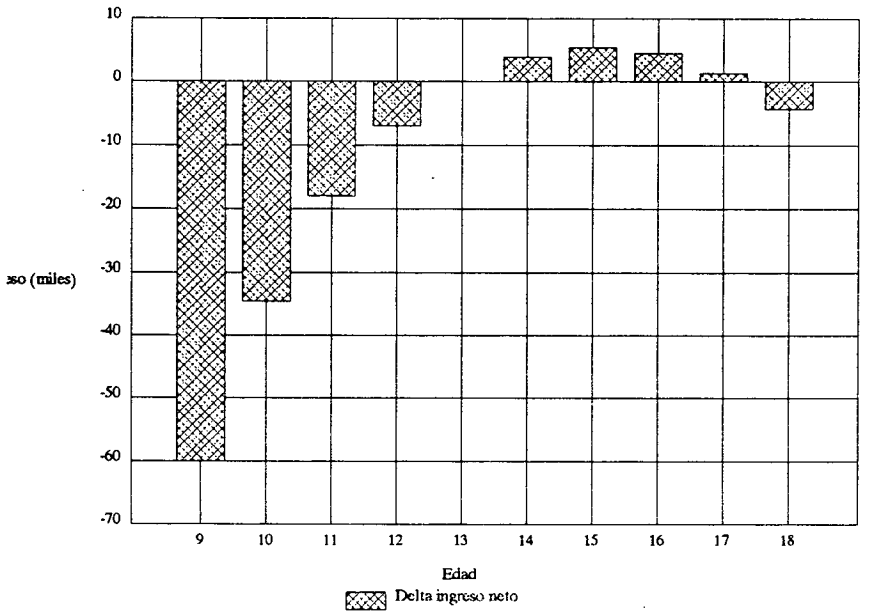

Figura 8. Delta Ingreso neto vs edad de cosecha. Edad de referencia 13 meses.

En la figura 8 se puede observar el resultado de involucrar la edad de cosecha en el modelo. Como ejemplo se considera el efecto de cosechar a los 13 meses de edad; la figura muestra que al cosechar antes de los 13 meses los delta ingresos netos son negativos, pero entre los 13 y los 17 meses estos son positivos obteniéndose un delta ingreso neto óptimo si se cosecha a los 15 meses.

1.5. CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista metodológico, el de uso de información comercial representativa de los ingenios permite llegar a resultados confiables que orientan la toma de decisiones de cañicultores y retroalimenta el proceso de investigación.

- El análisis del ingreso neto permite detectar que el enfoque del mejoramiento varietal debe ser dirigido hacia la concentración de azúcar recuperable por tonelada de caña (ARE), que optimiza el objetivo del negocio de producir azúcar.

- La variable ingreso neto por tonelada de azúcar es una alternativa que se puede utilizar en el análisis de los resultados experimentales involucrandola en los modelos lineales como variable de respuesta, dada su bondad de conjugar tonelaje, ARE y costos, acercándose de esta manera a las posibilidades comerciales en el momento de las comparaciones de las diferentes tecnologías.

- Esta metodología se puede utilizar en cualquier actividad agropecuaria donde el producto final sea el resultado de dos o más variables de producción.

- Un mayor análisis exploratorio de los resultados de la producción comercial de los ingenios permitirá dar pautas para una mayor eficiencia y también generar alternativas de investigación orientadas hacia el uso más racional de los insumos (agua, fertilización y otras labores) garantizando además la sostenibilidad del cultivo de caña de azúcar.

1.6. BIBLIOGRAFIA

COCK, J.; LUNA, C. A.; PALMA, A.E.;1993. "Tonelaje o Rendimiento", CENICAÑA.

COCK, J.; LUNA, C. A.; PALMA, A.E.; 1993. "Edad Optima de Cosecha", CENICAÑA.

MARTINEZ GARZA, A.; 1972. "Diseño y Análisis de Experimentos con Caña de Azúcar", México.

MENDEZ, R.I.; NAMIHIRA D.; MORENO L.; SOSA C.; 1984. "El Protocolo de Investigación: Lineamientos para su Elaboración y Análisis", Trillas, México.

PRAT B., A.; TORT-MARTORELL, X.; GRIMA C., P.; POZUETA F., L.; 1994. "Métodos Estadísticos, Control y Mejora de la Calidad". Barcelona, España.