

FACTIBILIDAD DE PRODUCIR
HARINA DE FLOR AMARILLA Y DE YUCA
EN UN BENEFICIO DE TE DE LIMON



BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Química

FACTIBILIDAD DE PRODUCIR
HARINA DE FLOR AMARILLA Y DE YUCA
EN UN BENEFICIO DE TE DE LIMON

ADOLFO CORDON TOWNSEND
c: 87076

Trabajo profesional presentado para optar
al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

1992

REPUBLICA DE LA GUAYANA FRANCESA
LEY N.º 10 DEL 15 DE ABRIL DE 1963

Artículo 1.º

Artículo 2.º

Artículo 3.º

Artículo 4.º

Artículo 5.º

Artículo 6.º

Artículo 7.º

Artículo 8.º

Artículo 9.º

Artículo 10.º

Artículo 11.º

Artículo 12.º

Artículo 13.º

Artículo 14.º

Artículo 15.º

Artículo 16.º

Artículo 17.º

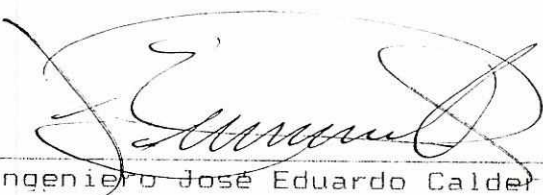
Artículo 18.º


Vo. Bo.:

(f) 
Doctor Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f) 
Doctor Ricardo Bressani

(f) 
Ingeniero José Eduardo Calderón

(f) 
Ingeniero José Arturo Estrada

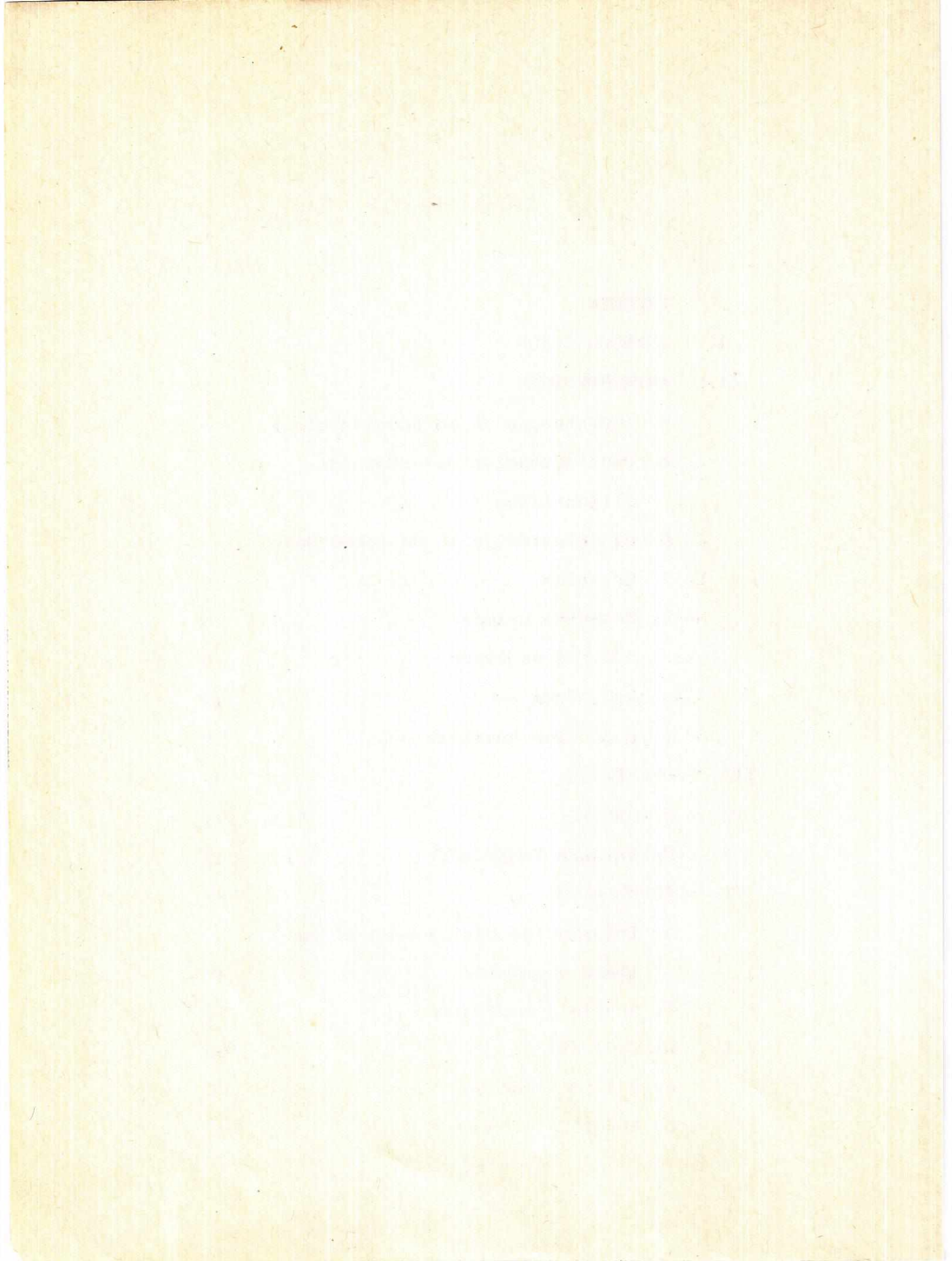
Fecha de aprobación: 13 de noviembre de 1992.



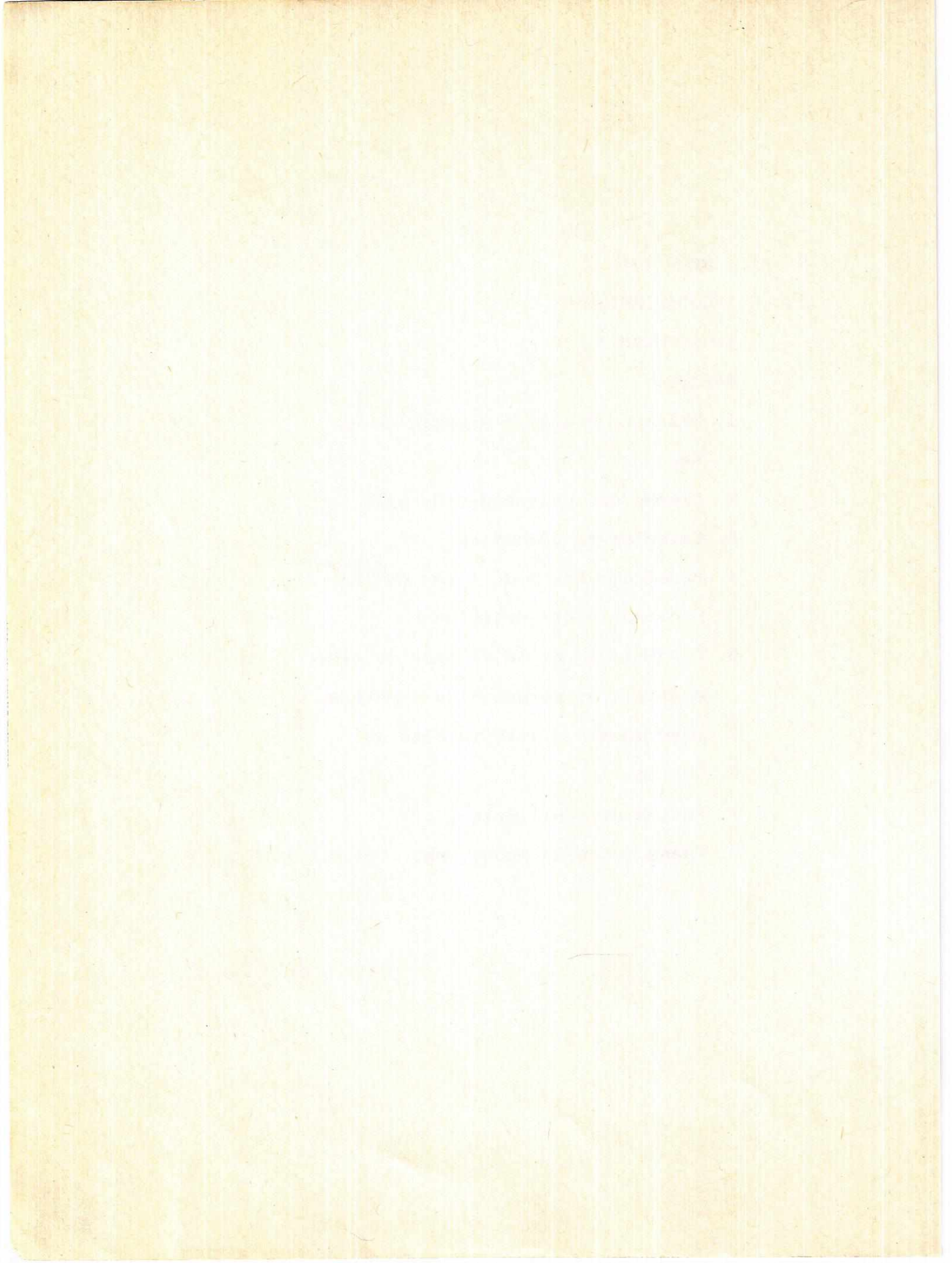
A mis padres y abuela

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	5
A. Importancia de la agroindustria	5
B. Deshidratación de productos alimenticios	5
C. Descripción de la Hacienda Santa Cristina	6
D. Materias primas	8
D.1. Té de limón	8
D.2. Yuca	17
D.3. Flor amarilla	35
III. OBJETIVOS	39
IV. HIPOTESIS	41
V. MATERIALES Y METODOS	43
VI. RESULTADOS	47
A. Información básica para el aná- lisis económico	47
B. Análisis económico	52
VII. DISCUCIONES	65
A. Análisis básico	65
B. Análisis económico	72



	Paginas
VIII. CONCLUSIONES	79
IX. RECOMENDACIONES	83
X. BIBLIOGRAFIA	85
ANEXOS	
1. Balance de masa y energía en el secador	89
2. Diseño del calentador de aire	91
3. Cálculos de potencias	93
4. Beneficio de té de limón de la Hacienda Santa Cristina	95
5. Rendimiento de la biomasa de flor amarilla en parcelas de 4 metros cuadrados a distintas alturas	97
6. Costos	99
7. Puntos de equilibrio	103
8. Tasas Internas de Retorno (T.I.R.)	105



LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Rendimiento de aceite por manzana y peso de té de limón en tres cortes a diversas distancias de siembra	11
2	Efecto del bagazo en la producción de zacate y aceite por manzana en té de limón	12
3	Efecto de forma de aplicación de los fertilizantes granulados en la producción de zacate en té de limón	13
4	Peso de la mata, contenido de aceite y rendimiento de aceite en diferentes frecuencias de corte en C. Flexuosus	14
5	Contenido de nutrientes del bagazo de té de limón	18
6	Contenido de nutrientes de la yuca (con cáscara)	22
7	Resultado de la desecación de yuca en un horno a diversas temperaturas	25
8	Concentrados de iniciación (0-4 sem) de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde	29
9	Concentrados de finalización (0-4 sem) de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde	30
10	Concentrados de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para cerdos en crecimiento y acabado	31
11	Concentrados de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para cerdas lactantes y lechones	32
12	Composición química de productos de yuca, sorgo y heno de alfalfa	33

13	Contenido de nutrientes en la harina de flor amarilla respecto de su desarrollo fisiológico	37
14	Humedades de las materias primas	48
15	Rendimiento de flor amarilla	50
16	Valores calóricos del bagazo y del té de limón	51
17	Costos de operación (Q/año)	55
18	Comparación de precios y nutrientes de yuca-sorgo y flor amarilla-maíz amarillo	58
19	Utilidades	59
20	Costos fijos (CF), variables (CV) y totales (CT)	59
21	Tasas de rendimiento para el empresario	61
22	Valor agregado e insumos para el proyecto harina de yuca	63
23	Valor agregado e insumos para el proyecto harina de flor amarilla	64

RESUMEN

En el presente trabajo se evalúa la factibilidad económica de la incorporación de una agroindustria de deshidratación de yuca y flor amarilla en otra agroindustria de destilación del aceite de té de limón.

La fuente de energía para el secado es el bagazo del té de limón, por lo que fue necesario determinar, experimentalmente, su valor calórico que fue de 14,150 KJ/Kg (3,380 Cal/gm). Debido a la baja rentabilidad de la producción del aceite de té de limón, se determinó el valor calórico del té de limón seco sin destilar con el fin de destinar la plantación sólo como fuente de energía. Este valor de 15,650 (3,738 Cal/gm) es más alto que el del bagazo, pero no lo suficiente para justificar la utilización del té de limón únicamente como fuente de energía.

A la flor amarilla se le hizo pruebas de rendimiento de materia verde a distintas alturas. La mejor fue la altura de 1.5 m. en la que se obtuvo un rendimiento proyectado de 36 toneladas de materia verde por hectárea. El ciclo de vida de esta maleza es de 3 meses y sólo se ve en la época de invierno. Si la plantación se riega, es posible obtener 3 cosechas al año. Con base en esto, el cálculo de la utilidad neta por hectárea por año es de Q.2,150/ha., que se considera bueno. Los demás índices económicos para el proyecto flor

amarilla resultaron ser igual de atractivos para una harina con un precio (Q. 29.55) muy competitivo con los insumos alimenticios actualmente usados.

El proyecto de harina de yuca tiene un costo de producción de Q. 61.91/qq, el cual es más alto que el precio del sorgo al cual se pensaba sustituir. Este costo es alto porque se aplicó el rendimiento/ha. promedio mundial de 9.1 ton/ha., que puede ser mayor. El análisis económico se hizo con base en un precio de Q. 62.50, obteniéndose una utilidad/ha. baja de Q. 81.00. Los demás índices económicos para el proyecto yuca resultaron ser favorables pero no tan buenos como los de la flor amarilla.

Las tasas de rendimiento para el empresario y la interna de retorno fueron altas, especialmente la del proyecto harina de flor amarilla, esto es debido a la inversión del equipo de secado no muy alta.

El costo de la energía proveniente del bagazo de té de limón es de Q. 3.45/GJ (3.45 E 9 Jouls), el cual es mínimo en comparación con el costo de la energía proveniente del diesel, por ejemplo, que es aproximadamente Q. 38.00/GJ.

I. INTRODUCCION

La agroindustria en general y la guatemalteca en particular contribuye con el desarrollo económico y social del país. Al industrializar un producto agrícola, se logra aumentar la utilidad o valor agregado por hectárea de terreno cultivado. De esta forma el agricultor cuenta con un mayor capital para optimizar cada vez más la producción agrícola. Además, el desarrollo de la agroindustria contribuye con la mejora de la calidad de mano de obra y su ingreso, ya que con el desarrollo físico de la región, aumenta la actividad económica del área y su desarrollo social.

Los productos deshidratados están teniendo una buena aceptación en el mercado, ya que tienen las siguientes ventajas:

- Disminuye los costos de transporte al máximo debido a que ya no se transporta el agua presente en dicho producto.
- Los compuestos químicos que contienen se conservan mejor que en su estado húmedo, y el material es por consiguiente más estable desde el punto de vista fresco y químico.
- Se pueden almacenar por más tiempo y por lo general en un menor espacio.
- Se incrementa su disponibilidad a través del tiempo y se facilita su manejo.

Sin embargo, el aspecto posiblemente más importante en la deshidratación es el costo alto de la energía derivada de los

energéticos comúnmente utilizados como el diesel, el aceite bunker y la electricidad.

En la Hacienda Santa Cristina, ubicada en el municipio La Democracia Escuintla, se cuenta con una plantación de té de limón (Cymbopogon Flexuosus St.) y con una instalación agroindustrial para la extracción de su aceite.

Este beneficio de té de limón tiene la ventaja de que el vapor necesario para la destilación del aceite esencial es producido mediante la quema del propio bagazo en un horno, y solamente usa, poco más o menos, la mitad del bagazo total.

Otra ventaja es su cosecha mecanizada con una cortadora-picadora, la que tira el té de limón picado directamente a un tanque de destilación con ruedas.

Actualmente, la producción de aceite de té de limón es poco o no rentable debido a la baja del precio en 1990. Esta baja de precio se debe probablemente a que su producto principal, el citral, está siendo sustituido por el citral sintético.

Este trabajo profesional tiene como objetivo proponer una solución al problema de la baja rentabilidad en la producción de aceite de té de limón. Se desarrollará un estudio económico sobre la producción de harinas de flor amarilla (Baltimora recta L.) y de yuca (Manihot esculenta), como ejemplos del uso de la energía disponible y como materias primas que podrían tener aplicaciones económicas de interés para el desarrollo en Guatemala. Así, se estará logrando una

máxima utilización del equipo industrial y de la energía disponible de esta agroindustria, para producir productos intermedios y ser usados en la fabricación de concentrados para la alimentación animal.

II. ANTECEDENTES

A. Importancia de la agroindustria

La agroindustria juega un papel muy importante para la economía de países agrícolas como Guatemala. Una manera de explotar al máximo nuestros productos agrícolas es hacer uso de la industria para obtener un mayor valor agregado con productos de mayor aceptación en mercados nacionales e internacionales.

La agroindustria rural induce cambios favorables en el desarrollo de la región; así como cambios culturales, sociales y económicos. Genera nuevas fuentes de trabajo y ayuda a disminuir la centralización que ya se está viviendo en la capital. Una agroindustria tiende a crecer con el tiempo y poco a poco los niveles de vida de la población adjunta a ella, directa o indirectamente, pueden mejorar.

B. Deshidratación de productos alimenticios

El uso de la energía siempre ha sido un factor de importancia en la industria procesadora de alimentos y otros productos y materias primas. En el proceso de secado con aire directo, la energía para calentar el aire por lo general es obtenida de condensadores de vapor o en algunos casos directamente de los gases de combustión. La cantidad de aire

necesario para el secado será determinado por la transferencia de calor necesario o cantidad de agua que se necesita remover; de las condiciones del aire de entrada y de los parámetros del secado. Para remover un Kg. de agua de un producto húmedo con aire a 90°C, se necesitan 585 Kcal de energía, de los cuales se pierden 75 Kcal en el secador, y cuando se seca con aire a 200°C, el requerimiento es de 591 Kcal, con una pérdida de 125 Kcal (Flink, 1977).

Los secadores rotatorios generalmente utilizan materiales granulares de fácil flujo que requieren tiempos de secado de una hora o menos. Diámetros típicos son de 1-3 metros y largos de 4-15 veces el diámetro. El producto de las revoluciones por minuto (r.p.m.) y el diámetro varía entre 7.5 y 10.5 metros/minuto. Velocidades superficiales del gas son 150-300 cm. por segundo; pero valores menores pueden ser necesarios para productos finos, y razones de hasta 1,050 cm. por segundo puede ser permitido para materiales no livianos. En un secador a contracorriente, la temperatura de salida del sólido se aproxima a la del gas de entrada (Walas, 1990).

C. Descripción de la Hacienda Santa Cristina

En el anexo 4 puede apreciarse una distribución del equipo del beneficio de té de limón, el cual consta de lo

siguiente:

- una cosechadora, para segar y picar el té de limón;
- 8 destiladores móviles, en lo cuales cae el té de limón recién cortado y picado por la cosechadora para que luego sean trasladados al beneficio para su destilación. Estos utensilios están equipados de un serpentín en la parte inferior para permitir la entrada de vapor;
- 4 condensadores de concha y tubo;
- 4 vasos florentinos, para separar el aceite de té de limón del agua;
- un pozo de agua, con suficiente caudal para bombear 350 gal/min;
- una caldera de 300 BHP, operada con bagazo de té de limón;
- un horno, para quemar el bagazo del té de limón;
- un ventilador centrífugo de 1m. de diámetro, que representa el tiro inducido de las llamas del horno a la caldera;
- un transportador de banda, para alimentar el bagazo seco al horno;
- 1/2 Ha. de cemento, para secar el bagazo a través de la energía solar;
- una galera de 200 metros cuadrados, para almacenar el bagazo;
- Un "enchaquetado" (3.5 m. de alto) en la chimenea de la caldera;

- 550 metros cuadrados del techo de la infraestructura con doble lámina;
- y un secador rotatorio (sin el calentador del aire);
- motores de 20, 30, 30 y 3/4 de caballos de fuerza para el ventilador, bomba del pozo, bomba de agua de la caldera y del transportador de banda, respectivamente;

La caldera tiene 209 tubos de 340 cm. de largo y 6.35 cm. (2.5") de diámetro, que representan 140 metros cuadrados de superficie de transferencia de calor. Teóricamente, la caldera puede dar hasta 4,700 Kgs. de vapor por hora a una presión máxima de operación de 10.3 bares de presión. Debido a la edad de la caldera (33 años), sus tubos se han ido deteriorando y rompiendo. En la actualidad, existen aproximadamente 20 tubos del segundo paso tapados lo que reduce su transferencia de calor y su presión máxima de operación. El control de nivel de la caldera se encuentra deteriorado y la bomba de inyección de agua se enciende manualmente.

D. Materias primas

1. Té de Limón

El aceite de Té de Limón es uno de los aceites esenciales más importantes. Grandes cantidades son usadas para la extracción de citral, el mayor componente del aceite. Citral

es la materia prima para la preparación de importantes iononas (una serie de aromáticos con un fuerte olor). Debido a su alto contenido de citral (75-85%), el aceite posee un fuerte olor a limón, de donde viene el nombre de Té de Limón.

El aceite de Té de Limón se distingue entre dos tipos principales, el aceite del Este de la India y el del Oeste de la India. Los dos contienen de 75 a 85% de aldehídos (en su mayoría citral), pero se diferencian en que el aceite del Oeste de India es menos soluble en 70% alcohol que el del Este. El aceite producido en Guatemala es el del Oeste de India (Guenther, 1949).

La calidad del aceite del Oeste de India fue una vez considerado como inferior al del Este, pero el aceite de América ha sido muy aceptado por los fabricantes de aromáticos porque tienen el mínimo de citral requerido (75%).

En Guatemala existen, básicamente, dos variedades de Té de Limón: Cymbopogon citratus Stapf y Cymbopogon flexuosus St. Ambos se adaptan muy bien a la zona tropical húmeda y subtropical muy húmeda, tanto en la vertiente del Atlántico como en la del Pacífico. Se diferencian en que el flexuosus produce semilla con un mayor poder germinativo y produce relativa mayor cantidad de aceite (APAE, 1965).

En Guatemala se empezó a producir aceite de Té de Limón en 1938, con un total de 29,500 libras, y alcanzó su punto

más alto en 1943 (durante la II Guerra Mundial), con un total de 190,542 libras. Durante el período de la guerra se dificultaba mucho el transporte del aceite de Este de India a E.E.U.U. y otros países del Hemisferio Oeste, por consiguiente se logró un precio alto (aprox. \$.5.00/lb.) para el aceite del Oeste de India sembrado en América (Guenther, 1949).

a. Densidad de siembra y rendimiento de aceite

La Asociación de Productores de Aceites Esenciales (APAE) de Guatemala ensayó un experimento con cinco densidades de siembra de Té de Limón. La producción de aceite por manzana y el peso por mata, para cada densidad, puede apreciarse en la Tabla 1.

La distancia de 42" x 12" mostró siempre las plantas menos pesadas como era de esperarse, pero fue la que representó un mayor rendimiento de aceite por manzana. A partir del 5to. corte, la distancia de 42" x 12" empezó a rendir menos aceite aproximando su producción a las otras densidades ensayadas (APAE, 1966).

b. Aplicación de fertilizante y bagazo en la mata

El bagazo mismo representa un excelente abono orgánico para la plantación de Té de Limón, con el cual se han logrado aumentos en producción de 42% (APAE, 1966).

Tabla 1

Rendimiento de aceite por manzana y peso de Té de Limón en tres cortes a diversas distancias de siembra

Densidad	1er. Corte (Mayo, 1965)		2do. Corte (Agosto, 1965)		3er. Corte (Octubre, 1965)	
	Lbs. de mata fresca	Lbs. de aceite /mz.	Lbs. de mata fresca	Lbs. de aceite /mz.	Lbs. de mata fresca	Lbs. de aceite /mz.
48"x48"	2.14	47	6.65	79	5.60	77
42"x42"	2.41	65	6.34	96	4.40	99
36"x24"	1.69	99	3.47	132	2.70	120
40"x24"	1.98	107	3.73	122	2.70	103
42"x12"	1.65	159	2.59	140	1.70	125

FUENTE: APAE, 1965

En la Tabla 2 se observa el efecto sobre rendimiento con el bagazo fresco, mientras que con el bagazo descompuesto no hubo buenos resultados. Este experimento fue hecho en un área típica de Té de Limón en suelos de baja fertilidad.

El Té de Limón, como todas las gramíneas, requieren fuertes cantidades de nutrientes del suelo, máxime con la

Tabla 2

Efecto del bagazo en la producción de zacate y aceite por manzana en Té de Limón

Dosis de Bagazo (camionada/mz)	1er. Corte		2do. Corte		3er. Corte	
	Lbs. de mata fresca	Lbs. de aceite /mz.	Lbs. de mata fresca	Lbs. de aceite /mz.	Lbs. de mata fresca	Lbs. de aceite /mz.
26 de Bagazo fresco	15120	69	9250	85	2590	24
52 de Bagazo descom- puesto	7560	41	8000	51	1042	12
104 de Bagazo descom- puesto	9072	55	7875	53	1931	19
Sin Bagazo	8946	53	6750	56	1280	16

FUENTE: APAE, 1966

densidad de siembra usada en este cultivo. La aplicación de elementos básicos al suelo es la forma lógica de mejorar la producción de zacate y aceite por manzana. Por otra parte, los análisis de los suelos cultivados con Té de Limón y Citronela, siempre acusan cantidades bajas en Nitrógeno,

Fósforo y Potasio (APAE, 1965).

En la Tabla 3 se presentan los resultados de 3 distintas formas de aplicación de 750 libras de fertilizante 15-15-6-25-4 por manzana. La aplicación con mejor resultado fue la aplicación directa sobre la mata en la que se obtiene un 26% de aumento de producción.

Tabla 3

Efecto de forma de aplicación de los fertilizantes granulados en la producción de zacate en té de limón

Forma de aplicación de fertilizante 15-15-6-25-4	Libras de zacate fresco por parcelas de 36 matas
Sin fertilizante	65
3 agujeros alrededor de la mata	73
Una zanja a lo largo del surco	77
Aplicación directa sobre la mata	82

FUENTE: APAE, 1967

c. Frecuencia de corte.

APAE realizó un estudio para determinar la frecuencia de corte sobre la producción de aceite por manzana. Este

estudio tuvo una duración de 9 meses, de Diciembre de 1968 a Agosto de 1969. Esto correspondió a que la mitad de los cortes fueran en la época seca y la otra mitad en la época lluviosa. Los resultados pueden apreciarse en la Tabla 4.

Tabla 4

Peso de la mata, contenido de aceite y rendimiento de aceite en diferentes frecuencias de corte en *C. Flexuosus*

Frecuencia	Peso/Mata Lbs.	Aceite % Base seca	Número Cortes	Zacate Lbs/Mz	Aceite Lbs/Mz
4 semanas	0.370	1.69	9	33300	175
6 semanas	0.750	1.28	6	43000	237
8 semanas	1.210	1.31	4	48400	255
10 semanas	1.580	1.29	4	63200	333
12 semanas	1.910	1.13	3	57300	302

FUENTE: APAE, 1970

El porcentaje (p/p) de aceite en la planta aumenta conforme se reduce el período entre cortes, pero la producción de zacate decrece. De este y otros estudios se recomienda en la práctica cortar el Té de Limón (*C.*

flexuosus) cada 10 semanas, que es cuando se obtiene la mayor producción de aceite por manzana.

d. Presentación fisicoquímica del aceite

Según Guenther (1949), las propiedades del aceite de Té de Limón de Guatemala son las siguientes:

Gravedad específica a 15°/15°	0.876 - 0.888
Rotación óptica	-0 4' - -1 8'
Índice de refracción a 20°C	1.4830 - 1.4877
Índice de refracción a 20°C	1.4830 - 1.4877
Contenido de aldehídos	75% - 81.5%

Utilizando cromatografía de gas, APAE (1970) informa la siguiente composición del aceite de té de limón de Guatemala:

Citral	85%
Ciclo citrales	8%
Geraniol	5%
Terpenos	2%

e. Composición química del bagazo de Té de Limón

Como se mencionó anteriormente, el bagazo de té de limón se puede utilizar como abono orgánico. También es posible usar el bagazo como suplemento en la alimentación de ganado o como combustible (APAE, 1965).

En la tabla 5 se puede apreciar los nutrientes presentes en el bagazo. De acuerdo con este análisis, se necesitarían 15,625 libras de bagazo con una humedad de 7% para aportar al

suelo 200 libras de nitrógeno. Este es el equivalente a usar 10 quintales de Sulfato de Amonio (21%) por manzana. Es posible que con esta cantidad de Sulfato de Amonio, las plantas de Té de Limón respondan mucho mejor y más rápidamente que usando la cantidad equivalente de bagazo, en los primeros cortes; pero, en el caso del fertilizante químico, el Nitrógeno pronto será arrastrado a las capas profundas del suelo. La experiencia indica, por otra parte, que los nutrientes contenidos en el bagazo están disponibles a la planta por un período largo, un año por lo menos (APAE, 1966).

f. Algunos intentos de utilización del bagazo de té de limón en alimentación animal.

El bagazo de té de limón responde muy bien a los tratamientos alcalinos, en términos de su valor nutritivo, convirtiéndose en un material potencialmente utilizable.

La adición de urea al bagazo de té de limón incrementa significativamente el contenido de proteína cruda, de 6.00% (testigo) en 14.86% y 20.55% cuando fue aplicada durante o posterior a la extracción, respectivamente. La digestibilidad in vitro se incrementa a 60.12% cuando se aplica durante la extracción, y disminuye a 51.25% cuando se aplica posterior a la extracción, respecto del testigo (57.13%) (Chon, 1991).

El hidróxido de sodio es más efectivo que la urea para incrementar la digestibilidad in vitro, desde 57.13% (testigo), hasta 79.49% y 77.21% cuando es aplicado durante o posterior a la extracción. El hidróxido de sodio disminuye levemente el contenido de proteína cruda en el bagazo tratado (de 6.00% a 4.29%), pero sin significancia estadística (Chon, 1991).

2. Yuca

La yuca (Manihot esculenta), también conocida como cassava, tapioca o manioc, es uno de los principales tubérculos cultivados por los países del trópico húmedo, ya que ocupa el cuarto lugar en la producción de alimentos en los países en vías de desarrollo, precedida por el arroz, el trigo y el maíz.

La parte comestible de la yuca son las raíces que representan casi 50% del peso total de la planta. La raíz de 12 meses o más presenta una elevada concentración de fibra (influye sobre la digestibilidad) y una menor cantidad de almidón, por lo que se recomienda utilizar la yuca de 10 a 12 meses de cultivo. El almidón es el principal componente químico de la yuca, que representa el 87% del total de

Tabla 5

Contenido de nutrientes del bagazo de Té de Limón

Nutriente	Cantidad
<u>Análisis Proximal (%)</u>	
Materia seca	93.0
Extracto libre de Nitrógeno	39.1
Extracto etéreo	3.8
Fibra cruda	34.1
Nitrógeno	1.28
Proteína (N x 6.25)	8.0
Cenizas	8.0
Calorías (en 100 gms. de muestra)	192
<u>Minerales</u>	
Calcio (mg/100g)	2022
Fósforo (mg/100g)	415
Hierro (mg/100g)	9.6

Humedad en base fresca (%)	73.7

INCAP, 1968.

nutrientes. El almidón de la yuca se considera de muy alta digestibilidad para todos los animales (Waliszewski, 1991).

a. Variedades

El género *Manihot* tiene alrededor de 180 especies (Rogers, 1963). *Manihot esculenta* y sus especies afines son todos arbustos de regiones tropicales bajas (Montaldo, 1979). Las especies afines a *Manihot esculenta* de México y América Central son: *Manihot aesculifolia* y *Manihot rubricaulis* (Rogers y Appan, 1970).

Algunos agricultores todavía hacen la distinción de yuca dulce y yuca amarga, pero es poco usada, ya que el contenido en el glucósido linamarina que genera ácido cianhídrico, que es el que las distingue, es muy variable, y depende en parte de las condiciones ecológicas del cultivo (Montaldo, 1979). En Guatemala, las variedades locales más conocidas son las siguientes: Guácima, Vainilla, Sietemescina, Branca, Selección San Andrés, Selección ENA, Sabana Grande, Cubana y Playera (ICAITI, 1976).

En Ecuador existen básicamente dos variedades: La Mulata y la Espada. La primera tiene tallo oscuro, raíz café-colorada, y mucha altura; la segunda tiene tallo blanco-verde, raíz café claro, se parece a la yuca Blanca o Taureña y de similar porte que la primera. La Mulata tiene 37.18% de

materia seca y 34.97% de almidón; y la Espada 33.98% de materia seca y 31.85% de almidón (Romanoff y Rodríguez, 1986).

b. Ventajas y desventajas

Las principales ventajas del cultivo de la yuca son las siguientes:

1. Requiere de tierras poco fértiles y con poca precipitación pluvial, considerándose de esta manera como última alternativa en el ciclo de cultivos.
2. Presenta uno de los mayores rendimientos en materia seca por hectárea, por año, en comparación con otros cultivos tradicionales, ya que tiene una de las más altas conversiones de energía solar por día.
3. Requiere poca inversión y un mínimo de fuerza laboral para su cultivo.
4. El costo de producción de una unidad de energía metabolizable es uno de los más baratos.

La yuca se caracteriza por un alto contenido de humedad, que oscila entre 58 y 68%, lo que trae como consecuencia su rápida descomposición. La única solución viable es secarla para lograr su conservación durante el almacenamiento. (Walissewski, 1991).

Los trozos de raíces de yuca frescos o procesados se caracterizan por sus bajos contenidos de proteína, extracto

etéreo (grasa), fibra cruda y cenizas, pero poseen niveles altos de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos solubles constituidos, principalmente, por almidón y por una pequeña cantidad de azúcares. Por tanto, las raíces de yuca y los productos derivados de ellas aportan, principalmente, calorías en forma de almidón de excelente calidad, altamente digerible (CIAT, 1980). Contiene niveles de 3.44 kcal/kg de energía metabolizable (Olson, Sunde y Bird, 1969).

Su principal limitante es su bajo nivel de proteína (ver Tabla 6) y aminoácidos, que obliga al nutricionista a utilizar niveles superiores de fuentes de proteína, lo que incrementa el costo de la ración.

Otro factor limitante de la yuca es la presencia de ciertos compuestos antinutricionales, siendo los glucósidos linamarina y lotaustralina, los más importantes. Estos están presentes en toda la planta incluyendo la raíz, con una variación de 15 hasta 400 ppm como ácido cianhídrico. Los glucósidos son degradados por las enzimas presentes en la misma planta, o por tratamientos térmicos generando ácido cianhídrico. Debido a la alta toxicidad de este último para la salud de los animales, es indispensable detoxificar a la yuca mediante un calentamiento antes de consumirla. La eliminación de los glucósidos se puede lograr mediante el proceso de secado o a nivel rural, durante el remojo en agua

por 24-48 horas, lo que causa la hidrólisis de casi la totalidad de estos glucósidos, y por ebullición en agua durante 10-15 minutos (Waliszewski, 1991).

Tabla 6

Contenido de nutrientes de la yuca (con cáscara)

Nutriente	Cantidad
<u>Análisis Proximal (%)</u>	
Materia seca	32.2
Extracto libre de Nitrógeno	88.9
Extracto etéreo	0.9
Fibra cruda	5.1
Nitrógeno	0.35
Proteína (N x 6.25)	2.2
Cenizas	2.8
Calorías (en 100 gms. de muestra)	372
<u>Minerales</u>	
Calcio (mg/100g)	72
Fósforo (mg/100g)	102
Hierro (mg/100g)	33.8

c. Rendimiento y densidad de siembra

Los rendimientos de yuca son muy diversos y dependen de la naturaleza de las variedades, la duración del período vegetativo, las condiciones del medio ambiente, la fertilidad del suelo, las malas hiervas existentes y la forma de cultivo.

El rendimiento promedio en el mundo es de 9.1 ton/ha (IICA, 1991). En Guatemala el rendimiento promedio total es de 3.6 ton/ha (ICTA, 1989). El 40% de las siembras de yuca, en Guatemala, están asociadas con otros cultivos; el rendimiento promedio de siembras de yuca como monocultivo es de 5.7 ton/ha (ICTA, 1989).

Se considera que un rendimiento fácilmente loggable, aplicando buenas técnicas agronómicas al cultivo, es de 30 ton/ha de raíces reservantes a los 12 meses de vegetación (Montaldo, 1979).

La densidad de siembra adecuada, varía de un país a otro, e incluso dentro del mismo país y zona ecológica. En general, los suelos pobres muestran buenas respuestas a los aumentos de poblaciones, mientras que en los suelos ricos los incrementos de poblaciones dependen del hábito de crecimiento (Romanoff y Rodríguez, 1986).

El agricultor Ecuatoriano emplea poblaciones de 5,000

plantas/ha cuando asocia y 10,000 para yuca en monocultivo, poblaciones que se encuentran dentro de los rangos establecidos (Romanoff y Rodríguez, 1986). Con variedades mejoradas se ha logrado la máxima producción con 15,000 plantas/ha (1 metro X 65 centímetros), con raíces de menor tamaño, siendo esta población ideal para cultivos con fines industriales (Romanoff y Rodríguez, 1986).

d. Secado de la yuca

Los métodos de secado de los trozos de yuca pueden clasificarse según el nivel de tecnología y costo, de la siguiente manera: 1. secado continuo artificial en secadores rotatorios o de transportador, 2. secado por tanda en secadores de cama estática usando aire forzado y 3. secado natural sobre pisos de cemento o bandejas (CIAT, 1980). La elección del método dependerá, en gran parte, de la cantidad de yuca a secarse, la disponibilidad de capital y el costo de mano de obra, así como la disponibilidad o no de fuentes de energía relativamente baratas.

En el secado continuo artificial se trata de usar temperaturas altas y bastante flujo de aire para poder secar la yuca en tiempos cortos. En la Tabla 7 se muestra el efecto de las altas temperaturas en el quemado de las partículas de yuca.

Los estándares de calidad para los pellets, los trozos

secos o la harina de yuca están basados en sus contenidos de almidón, humedad, fibra, cenizas y cianuro. Las especificaciones para los productos de yuca secos de buena calidad son las siguientes:

Almidón (mínimo)	62%	
Fibra cruda (máximo)	5%	
Cenizas o arena (máximo)	3%	
Humedad (máximo)	14%	
Acido Cianhídrico (máximo)	100 ppm	(CIAT, 1980).

Tabla 7

Resultado de la desecación de yuca en un horno a diversas temperaturas

Contenido de humedad %	Tiempo (min.) antes que aparezca el quemado		
	Temperatura del horno (°C)		
	90°	110°	130°
66.7	5	5	3
56.5	50	30	20
48.7	96 hrs.	24 hrs.	10 hrs.

FUENTE: Manurung, 1974.



El mercado principal del producto procesado son las plantas procesadoras de alimentos concentrados para animales, especialmente para aves y cerdos. Debido a que gran parte de los países productores de yuca de América Latina son importadores de granos de cereales para cubrir la demanda para alimentación animal, no existe la menor duda de la existencia de un mercado potencial para los trozos de yuca secos o harina de yuca. El factor principal lo constituye el precio relativo que se puede pagar por el producto que normalmente es igual al 80-85% del precio del sorgo (CIAT, 1980).

e. Harina de yuca

Una vez exista un suministro adecuado de los trozos secos de yuca, se debe elegir el método de molienda. Hay dos posibilidades: moler con un molino de martillo o reducir el tamaño de los trozos con un molino para proseguir la molienda con uno de rodillos (molino de trigo). No se recomienda el uso de molido de discos (Romanoff y Rodríguez, 1986).

Con un molino de martillos de tipo laboratorio (7,000 rpm, criba 1.27 mm) se logró un 98% de harina de yuca, mientras que con un molino industrial (3,450 rpm, criba 4,76 mm, capacidad 1.5 ton/hora) se recuperó únicamente el 72%. El molino de rodillos pequeños (capacidad 125 kg/hr), proporcionó una recuperación del 90% pasándolo tres veces por

la máquina (Fernández, 1986).

El estudio del consumo de electricidad por el molino de martillos muestra que cuesta menos moler la yuca que el maíz o el arroz. Por ejemplo, con una criba de 2.9 mm y una velocidad de 3,800 rpm, se gastan 2.1 kw/h/ton para moler yuca. El maíz gasta 45.0 kw/h/ton, y el arroz 12.3 kw/h/ton (Fernández, 1986).

La harina de yuca se caracteriza por su baja palatabilidad, ya que es muy fina, por lo que es recomendable utilizar la melaza o vinaza concentrada como aglutinante, que facilita el proceso de peletización y mejora el sabor del alimento (Waliszewski, 1991).

f. Yuca en alimentación animal.

Aproximadamente el 60% de la producción de yuca en América Latina es utilizada para consumo humano y el 40% restante es empleada en la producción de almidón, en la alimentación animal y en la producción de alcohol carburante, especialmente en Brasil. En la mayoría de los países tropicales de América Latina, la industria avícola es el sector pecuario que consume la mayor proporción (60-79%) de los alimentos balanceados (Pachico y Lynam, 1981).

Numerosos trabajos de investigación se han realizado sobre el valor nutritivo de harina de yuca en la alimentación avícola (Creswell, 1978; Enríquez y Ross, 1972; Montilla et

al., 1969; Vogt, 1966; Zumbado y Murillo, 1980). Resumiendo sus investigaciones, los niveles recomendados por estos autores fluctúan de 10 a 15% para pollos de engorde y reemplazos de postura y de hasta 20% para gallina ponedora. Niveles superiores normalmente producen reducciones en los rendimientos productivos. El CIAT, con base en experimentos realizados en Colombia, propone formulaciones de concentrados con 20 y 30% de harina de yuca para pollos (ver Tablas 2.3 y 2.4), 30% para cerdos (ver Tabla 10), 30% para cerdas lactantes y 40% para lechones (ver Tabla 11).

Debido a que los productos del tubérculo de yuca son deficientes, principalmente en proteína, la sustitución del sorgo (o del maíz) por los productos de raíces de yuca requerirá de una cantidad adicional de los ingredientes que aportan proteínas, tales como harina de pescado, torta de soya, torta de algodón y otros (CIAT, 1980).

En el caso de la sustitución del maíz por la harina de yuca, se observa que dependiendo del porcentaje de la sustitución, la yema de huevo es más blanca, el huevo más pequeño y la pigmentación de la piel no alcanza el valor esperado. La razón radica en que el maíz amarillo contiene una mayor cantidad de xantofilas y carotenoides que participan en la coloración de la yema y la piel del pollo. Por ello es recomendable que en el caso del pollo de engorde

y ponedoras se aumente la cantidad de aceite y pigmento en sus dietas para evitar que se presenten estas diferencias (Walissewski, 1991).

Tabla 8

Concentrados de iniciación (0-4 Sem) de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde

PRECIO*	INGREDIENTE	NIVELES DE HARINA DE YUCA		
		0	20	30
\$/Kg.		Porcentajes		
15	Sorgo	67.09	44.32	32.94
12	Harina de yuca	---	20.00	30.00
29	Torta de soya	21.52	22.68	23.25
35	Harina de pescado	8.00	8.00	8.00
38	Sebo animal	0.44	1.89	2.62
14	Harina de huesos	2.24	2.38	2.45
10	Sal	0.25	0.25	0.25
168	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20
280	Metionina	0.11	0.13	0.14
300	Coccidiostato	0.10	0.10	0.10
228	Antibiótico	0.05	0.05	0.05

Nutrientes calculados. %				
	Proteína	22.13	21.18	20.70
	Calcio	0.93	0.97	0.99
	Fósforo	0.50	0.50	0.50
	Fósforo disponible	0.24	0.25	0.26
	Lisina	1.20	1.20	1.20
	Metionina	0.50	0.50	0.50
	Energía metaboli- zable, kcal/kg	2,950	2,950	2,950
	Costo, \$/Kg.	20.67	20.62	20.59

* A Junio de 1982 (1 US \$ = 60 pesos colombianos).
FUENTE: CIAT, 1980.

Tabla 9

Concentrados de finalización (4-8 Sem) de costo mínimo
conteniendo harina de raíces de yuca, para pollos de engorde

PRECIO*	INGREDIENTE	NIVELES DE HARINA DE YUCA		
		0	20	30
\$/Kg.		Porcentajes		
15	Sorgo	70.94	48.17	36.79
12	Harina de yuca	---	20.00	30.00
29	Torta de soya	19.55	20.70	21.28
35	Harina de pescado	5.00	5.00	5.00
38	Sebo animal	1.07	2.53	3.25
14	Harina de huesos	2.65	2.79	2.85
10	Sal	0.32	0.32	0.32
168	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20
280	Metionina	0.13	0.15	0.16
300	Coccidiostato	0.10	0.10	0.10
228	Antibiótico	0.05	0.05	0.05
<hr/>				
<u>Nutrientes calculados, %</u>				
	Proteína	19.67	18.72	18.25
	Calcio	0.88	0.92	0.94
	Fósforo	0.48	0.48	0.48
	Fósforo disponible	0.28	0.29	0.30
	Lisina	1.00	1.00	1.00
	Metionina	0.45	0.45	0.45
	Energía metaboli- zable, kcal/kg	3,000	3,000	3,000
	Costo, \$/Kg.	19.98	19.92	19.89

* A Junio de 1982 (1 US \$ = 60 pesos colombianos).

FUENTE: CIAT, 1980.

Tabla 10

Concentrados de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para cerdos en crecimiento y acabado

Precio*	Ingrediente	Niveles de harina de yuca en raciones de			
		Crecimiento		Acabado	
\$/Kg.		0%	30%	0%	30%
15	Sorgo	66.90	35.50	71.45	37.83
7	Melaza	10.00	10.00	15.00	15.00
12	Harina de yuca	---	30.00	---	30.00
30	Torta de soya	3.64	5.48	0.29	---
21	Torta de algodón	12.00	11.46	5.71	9.38
33	Harina de pescado	5.00	5.00	5.00	5.00
14	Harina de huesos	1.32	0.95	1.88	1.00
2	Carbonato de Calcio	0.49	0.96	0.03	0.71
10	Sal	0.39	0.39	0.39	0.39
160	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20	0.20
240	Antibióticos	0.05	0.05	0.05	0.05
38	Sebo Animal	---	---	---	0.43

<u>Nutrientes calculados, %</u>					
	Proteína	16.86	15.36	13.16	12.18
	Calcio	0.84	0.96	0.80	0.89
	Fósforo total	0.62	0.64	0.60	0.60
	Fósforo disponible	0.14	0.10	0.20	0.10
	Lisina	0.70	0.70	0.50	0.50
	Metionina	0.29	0.26	0.23	0.22
	Energía digesti- ble, MCal/Kg	3.15	3.15	3.15	3.15
	Costo, \$/Kg	16.67	15.96	15.45	14.74

* A inicios de 1982 (1 US \$ = 60 pesos colombianos).
FUENTE: CIAT, 1980.

Tabla 11

Concentrados de costo mínimo conteniendo harina de raíces de yuca, para cerdas lactantes y lechones

Precio*	Ingrediente	Niveles de harina de yuca en raciones de			
		Cerdas Lactantes		Lechones	
\$/Kg.		0%	30%	0%	40%
15	Sorgo	67.30	30.40	65.29	20.94
7	Melaza	13.00	15.00	5.00	5.00
12	Harina de yuca	---	30.00	---	40.00
29	Torta de soya	4.20	8.50	15.65	19.32
21	Torta de algodón	8.00	8.00	5.00	5.00
35	Harina de pescado	5.00	5.00	5.00	5.00
14	Harina de huesos	1.53	0.95	1.53	0.95
2	Carbonato de Calcio	0.22	0.98	0.85	1.10
55	Grasa vegetal	---	0.55	1.06	1.99
10	Sal	0.40	0.40	0.39	0.39
128	Premezcla comercial	0.20	0.20	0.20	0.20
228	Antibiótico	0.05	0.05	0.05	0.05
280	Metionina	0.017	0.029	0.029	0.053

<u>Nutrtientes calculados. %</u>					
	Proteína	15.54	15.00	19.30	18.00
	Calcio	0.80	1.00	1.00	1.00
	Fósforo total	0.60	0.61	0.62	0.65
	Fósforo disponible	0.16	0.10	0.16	0.10
	Lisina	0.65	0.73	0.95	1.00
	Metionina	0.28	0.28	0.35	0.35
	Energía digesti- ble, MCal/Kg	3.15	3.15	3.27	3.33

	Costo, \$/Kg	16.37	16.09	18.80	18.35

* A inicios de 1982 (1 US \$ = 60 pesos colombianos).
FUENTE: CIAT, 1980.

El follaje de yuca secado al sol o con calor artificial

constituyen un alimento proteico cuya composición química es similar o superior al heno de alfalfa secado al sol (ver Tabla 12). Dependiendo de la parte de la planta que se aproveche, su composición química variará considerablemente.

Tabla 12

Composición química de productos de yuca, sorgo y heno de alfalfa

Componente	Harina de yuca	Follaje* de yuca	Follaje de yuca	Sorgo	Heno de alfalfa
Materia seca	90	90-89	91-92	89-88	90-89
Proteína	3.1	21	17-18	11	15
Extracto etéreo	1.3	6-7	5-6	2.8	1.7
Fibra cruda	3.4	20-24	17-18	2.0	29
Cenizas	2.1	8-10	9-10	1.7	9
Extracto no-nitrogenado	80	27-35	39-44	70-71	34-35
Calcio	0.12	1.0-1.4	1.75	0.04	1.4
Fósforo	0.16	0.25-0.28	0.32	0.29	0.20

* Incluye hojas y tallos tiernos.
FUENTE: CIAT, 1980.

Es posible sustituir un 25% de harina de soya por harina de hoja de yuca en el concentrado para alimentación avícola, obteniéndose un 3% de mayor aumento de peso de los pollos en 7 semanas y un 7% de reducción de costos (Aldana, 1985).

En el caso de los pollos, la yuca se incorpora sólo en forma de harina, pero para los cerdos existe la posibilidad de agregar en la dieta la yuca fresca, que es mucho más barata que la harina. Siempre es necesario eliminar cierta cantidad de los glucósidos de ácido cianhídrico utilizando un proceso de calentamiento en agua. Esto también ayuda para pregelatinizar los almidones presentes en la raíz. En la alimentación de cerdos con yuca, algunos recomiendan la sustitución del 60% de los granos utilizados en la dieta. Tan alta cantidad de yuca en la dieta puede causar diarrea, lesiones en la piel, así como menor número de lechones en la reproducción. La mejor recomendación es sustituir los granos en un máximo de 30%, que de ninguna manera influye negativamente sobre la tasa de crecimiento (Waliszewski, 1991).

g. Industrialización actual de la yuca en Guatemala

Las industrias rurales de yuca (en su mayoría en Sansare, El Progreso) obtienen como producto principal el almidón de yuca, y como sub-producto obtienen la llamada harina de fibra, después de secar y moler el bagazo.

El proceso productivo es bastante sencillo, pues consiste en separar el almidón que tiene almacenado la yuca, del resto de sustancias que la componen.

Para ello se hace lo siguiente: se ralla la yuca y se muele en húmedo hasta obtener una masa fina, entre más fina mejor, pues se deja en mayor libertad a los gránulos del almidón. Luego se cuele en tamices que van de grueso a fino gradualmente, separando así el almidón. Ya una vez separado, se somete a un blanqueo mediante ácido sulfhídrico, secándose después por medio de aire caliente, moliéndose y cirniéndose se obtiene el producto final almidón (Morales, J.R. 1970).

Del bagazo resultante, se obtiene la harina de fibra, la cual todavía contiene pequeños contenidos de almidón. Para obtener este subproducto únicamente hay que secar el bagazo al sol y luego molerlo en un molino de martillos (Morales, J.R. 1970).

3. Flor Amarilla

La flor amarilla (Baltimora recta L.) es una hierba anual común en cultivos, rastrojos, potreros, praderas y orillas de carreteras y caminos de clima cálido. La raíz es pivotante. El tallo algo 4-angulado, delgado, erecto, ramificado, de 50-250 centímetros de altura y cubierto con pelos cortos, algo rígidos, ásperos. Las hojas son opuestas, pecioladas, ovadas

y pelosas como el tallo. La inflorescencia es terminal, algo paniculada, compuesta de cabezas pequeñas con cabillos, cada una con 1-2 grupos radiados de brácteas por debajo. La cabeza floral está compuesta de cerca de 10 florecillas amarillas lingüiformes y tubulosas sobre un receptáculo con bractéolas. El fruto es una nuececilla 3-angulada, con una semilla; además es suave o granulosa y con un vilano muy pequeño semejante a una corona, el cual se cae temprano. Se propaga por semillas (García *et al.*, 1975).

a. Contenido de nutrientes de la flor amarilla

En 1983, el INCAP desarrolló un estudio de los nutrientes de la harina de flor amarilla a 5 distintas edades (ver Tabla 13). En estos resultados es notorio que el porcentaje de proteína se reduce conforme la planta es de mayor edad, y era de esperarse también que la fibra aumentaba con la edad. La cantidad de grasa y cenizas se reducen en las plantas de mayor edad.

Los resultados de evaluaciones nutricionales no publicadas han indicado que la proteína de la harina de la hoja es deficiente en aminoácidos azufrados, lo cual es común en otros materiales similares. Sin embargo, la presencia de la harina de la planta en el concentrado fue efectiva en la pigmentación del huevo y la piel del pollo (Bressani, R.*).

* Comunicación personal

Tabla 13

Contenido de nutrientes en la harina de flor amarilla con respecto de su desarrollo fisiológico

Fecha de corte	Humedad %	Grasa %	Fibra Cruda %	Nitrógeno %	Proteína (N*6.25) %	Ceniza %
15/7/83	9.7	4.4	14.7	3.125	19.5	18.3
22/7/83	8.9	4.1	18.5	2.432	15.2	18.0
29/7/83	7.9	4.0	25.0	2.171	13.6	17.7
05/8/83	6.8	3.3	27.3	2.045	12.8	16.7
12/8/83	8.0	3.0	32.1	1.255	7.8	14.9

FUENTE: INCAP.

III. OBJETIVOS

A. General.

1. Proponer una solución práctica al problema de la baja rentabilidad en la producción de aceite de té de limón.

B. Específicos.

1. Estimar la energía potencialmente disponible del té de limón y de su bagazo.

2. Utilizar esa energía en la deshidratación de la raíz de la yuca y de la planta de la flor amarilla.

3. Desarrollar un estudio económico sobre la producción de harina de yuca y de flor amarilla.

IV. HIPOTESIS

- De una hectárea de té de limón es factible generar suficiente energía para producir a costos competitivos aceite de té de limón, harina de yuca y harina de la planta de flor amarilla.

V. MATERIALES Y METODOS

A. Materias primas.

Las materias primas del proyecto son yuca, flor amarilla y té de limón. El bagazo, secado al sol, no es precisamente una materia prima, pero será la fuente de energía.

Las humedades se determinaron por el método AOAC en un horno de convección a 135°C durante 2 horas.

B. Relación té verde sobre bagazo.

1. Experimentalmente.

Se hizo una destilación por arrastre de vapor en el laboratorio. El método consiste en evaporar agua, e introducir el vapor al balón donde está el té de limón; tanto el vapor de agua como el aceite se condensan en flujo de agua fría a contracorriente. La destilación se hizo durante 45 minutos. El bagazo se secó en un horno de convección para finalmente pesarlo.

2. En el beneficio.

Se utilizó el mismo método sólo que a grande escala. El destilador móvil se taró y pesó en una báscula para ganado. Después de haberse llevado a cabo la destilación, se secó el bagazo al sol en un área determinada y luego se hicieron pacas de este material. Se pesaron 10 pacas y se promedió el peso para ya sólo contar el número de pacas obtenidas.

3. Teóricamente.

El método de este cálculo consiste simplemente en calcular el porcentaje del bagazo seco a partir de la humedad del té de limón fresco y de su contenido teórico de aceite.

C. Cantidad de té de limón en un destilador móvil.

Esta prueba se hizo con tres destiladores móviles distintos. Primeramente se tararon y luego pesaron con el té de limón en una báscula para ganado.

D. Cantidad de vapor por destilador.

El método consiste en medir el volumen de toda el agua condensada durante la destilación. Esto da un valor bastante confiable del vapor que se usó para el arrastre del aceite esencial. Esta prueba se hizo en triplicado.

E. Rendimiento de flor amarilla.

Esto se hizo mediante el corte de parcelas de 4 metros cuadrados de esta maleza. El corte se hizo de toda la planta a una altura de unos 5 cms. del suelo, a 5 distintas épocas (cuando estaba a alturas de 0.5, 1, 1.5, 2 y 2.5 metros de altura). El peso de biomasa de los 4 metros cuadrados se proyectó a 1 hectárea (10,000 metros cuadrados).

F. Valores calóricos del bagazo y del té de limón.

Estos valores se calcularon experimentalmente en una bomba de oxígeno calorimétrica PARR. Se hicieron tres pruebas para cada material.

El método consiste en leer el aumento de la temperatura de 2,000 gms. de agua, que se calientan por la explosión generada por el material al quemarse dentro de una bomba de oxígeno (30 Atm. de presión) que se encuentra dentro del agua. Durante la combustión se forma ácido nítrico, cuyo calor de formación debe ser corregido. Para ello todas las partes internas de la bomba son lavadas y el agua de lavado se titula con una solución básica (0.0725 N) de carbonato de sodio para determinar la cantidad de ácido formado. La corrección que habría que restar del valor calórico es igual a los mililitros necesarios para titular en Cal/gm, siempre y cuando se use la solución de carbonato de sodio 0.0725 N de concentración.

Otra corrección al valor calórico es el calor de combustión del alambre-fusible. Para ello se midió el largo del alambre que no se quemó y por diferencia se obtiene el largo del alambre. Este largo es multiplicado por el calor de combustión del alambre (2.3 Cal/gm.) para restarlo del valor calórico.

VI. RESULTADOS

A. Información básica para el análisis económico.

1. Humedad de las materias primas.

Un conocimiento básico es establecer la humedad inicial, tanto de la yuca como de la flor amarilla porque ésta se les será extraída en el proceso de secado. También es necesario conocer la humedad del té de limón fresco y la humedad del bagazo que utiliza la Hacienda Santa Cristina. Tanto la yuca como el té de limón contienen 67.80 y 67.60 % de agua, respectivamente; mientras que la humedad en la flor amarilla varió entre 70.23 y 84.56 %. El bagazo de té de limón secado al sol contenía 11.72% de humedad.

En la Tabla 14 se presentan las humedades de las 4 materias primas, las cuales se determinaron por diferencia de peso en un horno de convección.

2. Relación té de limón verde vrs. bagazo seco.

Para conocer la cantidad de energía potencial calórica con que cuenta una plantación de té de limón, es necesario saber el valor calorífico de dicho zacate y la cantidad de bagazo que se obtendrá de tal plantación.

La relación té verde sobre bagazo seco se determinó experimentalmente haciendo una destilación por arrastre de vapor, en la que se usaron 6.16 gms. de té de limón verde y

se obtuvieron 2.13 gms. de bagazo en base seca.

Tabla 14

Humedades de la materias primas

Materia prima	Humedad (%)	Desv. Stan.
Yuca	67.80	4.23
Flor amarilla (invierno)	84.56	3.56
Flor amarilla (verano)	70.23	2.97
Té de limón	67.60	3.04
Bagazo secado al sol	11.72	2.31

De esta forma, la relación es de 2.89.

Otra determinación de esta relación se llevó a cabo en el beneficio de té de limón. Se pesó un destilador lleno de té de limón, se destiló y luego se secó el bagazo al sol y se hicieron pacas. El peso medio por paca, derivado del peso de 10 pacas, fue de 16 Kgs./paca. Se contaron el resto de pacas obteniéndose un total de 25 pacas/destilador. La relación té/bagazo, obtenida de esta forma, fue de 3.24.

También es posible obtener esta relación de una forma teórica. Sabiendo que el peso del bagazo en base seca no es

más que el peso del té verde menos su contenido teórico de aceite (0.5%) y su humedad en base fresca (67.6%), la relación resulta ser de 3.13.

Los valores experimentales indicados arriba (2.89 y 3.24) son similares y no difieren del valor teórico (3.13).

3. Cantidad de té de limón en un destilador.

Tres destiladores móviles fueron tarados y pesados después de haberlos llenado de té de limón. Además se llegó a determinar un peso promedio de $1,289 \pm 16$ Kgs. (2,835 libras) de té de limón dentro de cada destilador.

4. Cantidad de vapor por destilador.

En la Hacienda Santa Cristina se determinó cuánta agua de condensación se obtiene de una destilación (por arrastre de vapor) durante el tiempo normal de destilación de 45 minutos. De esta forma se puede determinar la cantidad de vapor necesario para llevar a cabo una destilación.

El promedio de esta prueba fue 168 ± 9 litros de agua condensada (370 libras) que anteriormente debió haber sido vapor.

5. Rendimiento de flor amarilla en parcelas de 4 metros cuadrados.

La flor amarilla es una maleza y nunca se ha cultivado,

por eso se hicieron algunas determinaciones del rendimiento que puede esperarse. Estos datos se presentan en la Tabla 15, en donde se puede observar que el corte a una altura de 1.5 metros se tradujo en un rendimiento de 36 TM/ha.

Tabla 15
Rendimiento de flor amarilla

Altura promedio de las plantas (metros)	Peso total de la biomasa en 4 m ² (Kg)	Rendimiento proyectado a 1 ha. (TM)
0.5	2.8	7
1.0	4.1	10
1.5	14.5	36
2.0	11.1	28
2.5	10.5	26

6. Valores calóricos del bagazo y del té de limón seco sin destilar.

Los calores de combustión se pueden observar en la tabla 16. El valor calórico del bagazo de té de limón secado al sol es de 14,150 KJ/Kg (3,380 Cal/gm) y el del té de limón secado al sol es de 15,650 KJ/Jg (3,738 Cal/gm), existiendo poca diferencia entre uno y otro. Las humedades de estas dos

muestras eran casi iguales (tabla 16). La determinación del valor calórico de la muestra de té de limón verde en base seca no se pudo hacer debido a que su pastilla comprimida no tenía nada de consistencia.

Tabla 16

Valores calóricos del bagazo y del té de limón

Muestra	Humedad (%)	Valor calórico (Cal/gm)	Desv. Stand. (Cal/gm)
Bagazo	10.84	3,380	58
Té de Limón	11.02	3,738	2
Bagazo seco	0.0	3,767	9

Estos valores calóricos se consideran bastante confiables debido a su determinación precisa. Y además son relativamente mayores que el valor calórico del bagazo de caña, 2,800 Cal/gm (Cheremisinoff y Morresi, 1976). Esta diferencia entre los valores calóricos de la caña y el té de limón es justificable si se considera el pequeño contenido del aceite en el té de limón, el cual es relativamente volátil.

B. Análisis Económico

Con el fin de llevar a cabo el análisis económico, se tomaron en consideración los siguientes rubros: Inversión de equipo, costos de producción de las materias primas y de los productos terminados. Esto permite estimar las utilidades netas proyectadas, el punto de equilibrio y la evaluación económica del proyecto.

1. Inversión de equipo

- Cambio de tubos para la caldera (209 tubos de 13 pies de largo y 2.5")	26,000
- Lavadora de yuca (530 Kgs / hr)	4,000
- Motorreductor para la lavadora (1/2 HP)	5,200
- Trozadora de yuca (530 Kgs / hr)	4,500
- Motor para la trozadora (5HP)	1,200
- Transportador de banda (5 m. largo a una velocidad de 1 m/min)	3,000
- Motorreductor para el transp. (1/2 HP)	5,200
- Calentador de aire (35 metros cuadrados de área de transferencia de calor)	18,000
- Motor del ventilador para el calentador de aire (6 HP)	1,600
- Molino de martillos (1/2 Ton/hr)	8,000
- Motor para el molino (15 HP)	2,300
- Motorreductor de 5 HP para el secador rotatorio (5 HP)	11,000

INVERSION TOTAL (Q.)	90,000

2. Costos de producción de las materias primas

a. Yuca. Los costos de producción por hectárea por año son los siguientes:

- Preparación de tierra (arado y rastreado)	180.00
- Siembra (18 jornales)	180.00
- Resiembra (5 jornales)	50.00
- 3 limpias (61 jornales)	610.00
- 2 aplicaciones de fertilizante (7 jornales)	70.00
- 1 aplicación de herbicida (5 jornales)	50.00
- Insumos	
Semilla	170.00
227 Kgs (5 qq) de fertilizante	270.00
3.785 lts (1 gal) de herbicida	25.00
- Cosecha (80 jornales)	800.00
Total Costos Siembra Yuca	2,405.00

b. Flor amarilla. Los costos de producción por hectárea por año son los siguientes:

- Preparación de tierra	540.00
- Siembra	
Recolección de semilla (5 jornales)	150.00
Alquiler de sembradora	880.00
- Riego	300.00

- Corte (con maquina cortadora-picadora)	130.00
- Fertilizante (1 qq)	150.00
Total Costos Siembra Flor amarilla	2,130.00

2.3. Té de limón. Los costos de producción anuales de una hectárea ya sembrada de té de limón son los siguientes:

- Riego	100.00
- Fertilización (1 qq)	50.00
- Corte (con maquina cortadora-picadora)	130.00
Total Costos Siembra Té de Limón	280.00

3. Producción anual de harinas

a. Yuca. Usando el promedio mundial de rendimiento de yuca, de 9.1 TM/ha, las 185 * hectáreas de yuca producirán 1,684 TM de materia prima por año. En base a esto se estimó que la producción de yuca seca es de 712.5 TM/año. Usando una eficiencia de molienda del 75%, la producción anual de harina de yuca será de 535 toneladas (11,770 qq).

b. Flor amarilla. Con un rendimiento calculado experimentalmente de 36 TM/ha, las 22 * has. de flor amarilla designadas a este cultivo producirán un total de 792 TM./año de materia verde, lo que se traduce a una producción anual de 156 TM (3,432 qq) de harina.

* La derivación de esto está indicado en la pág. 68

4. Costos de operación de las harinas y del aceite de té de limón.

Los costos de operación se encuentran resumidos en la tabla 17. Un detalle del cálculo de estos costos se encuentra en el anexo 6.A.

Tabla 17
Costos de operación (Q/año)

Costos (Q)	Yuca 185 ha.	Flor amarilla 22 ha.	Té de limón 61 ha.
Costo de ventas			
Materias primas	444,925	46,860	17,080
Mano de obra	42,900	25,740	28,800
Prestaciones laborales	15,875	9,525	12,430
	503,700	82,125	58,310
Gastos de fábrica			
Mano de obra indirecta	3,000	1,800	3,000
Prestaciones laborales	1,110	665	1,110
Depreciaciones, matenimien- to, suministros y seguros			
	8,100	8,100	13,500
Energía eléctrica	102,410	61,445	5,615

Envases (Q. 1.50 /saco)	17,655	15,450	--
	<hr/>		
	132,275	87,460	23,225
Gastos de ventas			
Fletes (Q. 2.0 el qq y Q. 0.10/lb. té)	14,120	12,360	1,180
Impuesto Sobre la Renta (I.S.R.)	2,995	22,785	2,405
	<hr/>		
	17,115	35,145	3,585
Gastos de Admon.			
Sueldos	50,590	5,950	17,850
Prestaciones laborales	18,720	2,200	6,605
Depreciación mobiliario y equipo	425	75	240
Papelería y útiles	820	140	340
	<hr/>		
	70,555	8,365	25,035
COSTO TOTAL	723,645	213,095	110,155
Producción (TM)	535	468	5.19
Costo unitario (Q./TM)	1,352.61	455.33	21,224.5
	<hr/>		

Los gastos de administración se repartieron entre los tres cultivos proporcionalmente al área sembrada.

5. Precios de las harinas.

La harina de yuca se caracteriza por ser fuente de

carbohidratos, lo que sugiere la sustitución parcial del sorgo o de otros cereales. La flor amarilla sustituiría al maíz amarillo, debido a que es un poco más alta en proteínas y posee los pigmentos y carotenoides necesarios.

El precio de la harina de yuca se asume en Q. 1,375.00/TM (Q. 62.50/qq) y el de la flor amarilla en Q. 650.10/TM (29.55/qq). En la tabla 18 se presentan los precios por unidad de carbohidratos y proteína, respectivamente.

6. Utilidades netas proyectadas.

Estas se definen como la resta entre las ventas netas y su costo de producción. En la tabla 19 se presentan estas utilidades, así como las utilidades por hectárea.

Para el cálculo de la utilidad/ha. se usaron el total del área sembrada de yuca más el área de té de limón necesario para obtener la fuente de energía.

7. Punto de equilibrio.

El punto de equilibrio determina la cantidad de producción en la que el total de costos igualan a las ventas netas. Este parámetro se calcula mediante la fórmula siguiente: $PE = CF / (1 - CV/Ventas)$.

En la tabla 20 se presentan los costos fijos (CF), variables (CV) y totales (CT) para un año de producción. De manera que el punto de equilibrio para la producción de

Tabla 18

**Comparación de precios y nutrientes de yuca-sorgo y flor
amarilla-maíz amarillo**

Suministro	Precio/TM	% Carbo- hidratos	Precio/ TM carb.
Yuca	Q. 1,375.00	89	Q. 1,545
Sorgo	Q. 836.00	68	Q. 1,229
		% Proteína	Precio/ TM prot.
Flor amarilla	Q. 650.10	13.6	Q. 4,780
Maíz	Q. 748.00	9.4	Q. 7,957

harina de yuca es de Q. 642,609, para el proyecto flor amarilla de Q. 52,319 y para el té de limón Q. 97,598. Estas cantidades representan el 87, 17 y 81% de la producción anual, respectivamente.

Si se analizan los 3 proyectos juntos, el punto de equilibrio es igual a Q. 651,068 que representa el 56% de la producción total anual. En el Anexo 7 se presentan los 4 puntos de equilibrio en forma gráfica.

Tabla 19
Utilidades

#	Vtas. Netas (Q.)	Costo de Operaciones (Q.)	Utilidad (Q.)	Area (ha.)	Util./ha. (Q./ha.)
1.A	735,625	723,645	11,980	185	Q. 65
1.B	76,576	70,425	6,151	39	Q. 158
1.C	812,201	794,070	18,131	224	Q. 81
2.A	304,247	213,095	91,152	22	Q. 4,143
2.B	43,197	39,730	3,467	22	Q. 158
2.C	347,444	252,825	94,619	44	Q. 2,150

- 1.A: Proyecto Harina de Yuca
 1.B: Proyecto Té de Limón necesario para secar yuca
 1.C: Proyecto Yuca-Té de Limón
 2.A: Proyecto Harina de Flor Amarilla
 2.B: Proyecto Té de Limón necesario para secar flor am.
 2.C: Proyecto Flor Amarilla-Té de Limón

Tabla 20
Costos fijos (CF), variables (CV) y totales (CT)

Grupo de gasto	Yuca		
	CF	CV	CT
Costo de ventas	--	503,700	503,700
Gtos. de fábrica	12,210	120,065	132,275
Gtos. de ventas	--	17,115	17,115

Gtos. de Admon.	70,555	--	70,555
<hr/>			
Totales	82,765	640,880	723,645
<hr/>			
Flor Amarilla			
<hr/>			
Costo de ventas	--	82,125	82,125
Gtos. de fábrica	10,565	76,895	87,460
Gtos. de ventas	--	35,145	35,145
Gtos. de Admon.	8,365	--	8,365
<hr/>			
Totales	18,930	194,165	213,095
<hr/>			
Té de Limón			
<hr/>			
Costo de ventas	--	58,310	58,310
Gtos. de fábrica	17,610	5,615	23,225
Gtos. de ventas	--	3,585	3,585
Gtos. de Admon.	25,035	--	25,035
<hr/>			
Totales	42,645	67,510	110,155
<hr/>			
GRAN TOTAL	144,340	902,555	1,046,895
<hr/>			

8. Evaluación económica del proyecto.

a. Tasa de rendimiento para el empresario (TREo). La tasa de rendimiento para el empresario es la relación que existe entre la utilidad neta de operaciones y la inversión total requerida por el proyecto. La relación es la siguiente:

$$\text{TREo} = \text{Utilidad neta} / \text{Inversión total}$$

La TREo del proyecto Flor Amarilla es mayor que uno, lo cual es muy bueno porque en un año de producción se paga la inversión; mientras que la TREo del proyecto Yuca es menor de 0.2, lo que implica que la inversión se paga en aproximadamente 5 años.

b. Tasa de rendimiento bruto nacional (TRBN). Es la tasa anual de rendimiento del proyecto en términos de la relación entre el valor agregado y los insumos que

Tabla 21

Tasas de rendimiento para el empresario

Harina	Utilidad neta	Inversión total	TREo
Yuca	18,131	90,000	0.201
Flor Amarilla	94,619	90,000	1.051

requiere. La relación es la siguiente:

$$\text{TRBN} = \text{Valor agregado/Insumos}$$

Usando las tablas 22 y 23 (ver Anexo 6.B) se tiene que la TRBN para la yuca es de 2.47 y 1.26 para la flor amarilla.

c. Tasa Interna de Retorno (TIR). Es la tasa o interés compuesto que se va a obtener con base en la inversión inicial. La TIR se cumple cuando:

$$I = \text{F.C.}/(1+\text{TIR}) + \text{F.C.}/(1+\text{TIR})^2 + \dots + \text{F.C.}/(1+\text{TIR})^N$$

donde F.C. es el flujo de caja, N el número de años e I la inversión total del proyecto.

La TIR para el proyecto yuca - té de limón es de 43.04% y para el de flor amarilla - té de limón de 105.05%. En el Anexo 8 se encuentra el detalle del cálculo de estas tasas.

Tabla 22

Valor agregado e insumos para proyecto harina de yuca

Yuca			
Concepto	Valor bruto de la producción	Ingreso generado neto	Insumos
Sueldos y salarios	422,090	422,090	
Prestaciones lab.	35,695	35,695	
Otros servicios	14,120	14,120	
Materias primas (fertilizantes y herbicidas)	54,575		54,575
Energía eléctrica y otras compras	103,230		103,230
Diesel para tractores	33,300		33,300
I.S.R.	7,990		7,990
Depreciaciones y mantenimiento	8,525		8,525
Utilidades	40,776	40,776	
	----- 720,301	512,681	207,620

Tabla 23

Valor agregado e insumos para proyecto harina de flor amarilla

Flor Amarilla			
Concepto	Valor bruto de la producción	Ingreso generado neto	Insumos
Sueldos y salarios	36,790	36,790	
Prestaciones lab.	12,390	12,390	
Otros servicios	12,360	12,360	
Materias primas (fertilizantes y herbicidas)	3,300		3,300
Energía eléctrica y otras compras	61,585		61,585
Diesel para tractores	33,660		33,660
I.S.R.	24,955		24,955
Depreciaciones y mantenimiento	8,175		8,175
Utilidades	104,789	104,789	
	298,004	166,329	131,675

VII. DISCUSIONES

A. Análisis Básico

1. Investigación de mercados

Para determinar la cobertura de mercado de las harinas de yuca y de flor amarilla, es necesario en primer término conocer la producción total de concentrados para animales para todo el país. La razón es que estas harinas serán utilizadas como materia prima para los concentrados.

a. Producción total de concentrados para animales. El Instituto Nacional de Estadística (INE) presenta los insumos utilizados para la elaboración de alimento animal en 1990. El insumo de mayor consumo fue el maíz, representando un 30.1%. Los otros insumos fueron los siguientes: sorgo (17.0%), soya (14.2%), subproductos de trigo (7.1%), harina de algodón (5.6%), carbonato de calcio (5.5%), melaza de caña de azúcar (3.4%), grasa animal (3.0%), harina de carne (2.7%), harina de pescado (0.7%), harina de hueso (0.6%), pulimento de arroz (0.3%), harina de sangre (0.1%) y otros no especificados (9.5%).

El total de todos los insumos (secos) utilizados en 1990 suman 217,341 TM (4,781,511 quintales). Sin importar las fórmulas que se hayan utilizado, la producción total de concentrados debe ser, aproximadamente, la misma cantidad.

Según FRISA*, la producción total de concentrados para animales oscila entre 227,000 y 273,000 TM/año.

b. Oportunidad Total de Mercado (OTM). Con base en la producción total de concentrados, se puede estimar el OTM para cada harina. Se calcula que el porcentaje promedio dentro de las fórmulas de concentrado para cada harina puede ser hasta de 10%. Con base en ésto, nuestro OTM para cada harina es de aproximadamente 25,000 TM/año.

c. Harina de yuca y de flor amarilla como productos nuevos. En Guatemala, estos productos serían una materia prima nueva en los concentrados. Como cualquier producto nuevo, es lógico que al principio el consumidor no esté de acuerdo o convencido de sus beneficios.

En lo que respecta a la harina de yuca, en la actualidad, en Guatemala, se tiene la idea de que es el sup-producto de la extracción artesanal de almidón de yuca y ésta tende a descomponerse rápidamente quizás por el largo proceso de humidificación y/o por un mal secado.

La harina de flor amarilla es poco conocida en la alimentación animal y se tiene en mente de que es muy inestable para usarla como fuente de carotenos para la pigmentación de la piel del pollo y del huevo.

* Comunicación personal

2. Area de siembra de Yuca y Flor Amarilla en función de la energía sobrante de 1 ha. de té de limón.

Para hacer el cálculo de las hectáreas que se pueden sembrar con una hectárea de té de limón, se tomará como base un año de producción.

a. Energía para la destilación del aceite de té de limón.

En la destilación son necesarios 168 Kgs. (370 lbs.) de vapor que multiplicados por el calor latente de evaporación del agua 2,326 KJ/Kg, se obtiene la energía necesaria para un destilador. De una hectárea se obtienen aproximadamente 3.5 destiladores llenos y se practican 4 cortes al año, esto significa que la cantidad de energía necesaria para las destilaciones de un año será de 5.47 GJ/ha. (5.47×10^9 J/ha.).

b. Energía sobrante. Usando una relación de té de limón/bagazo de 3, se estimó que de un destilador se obtienen 430 Kgs. de bagazo. Con base en esta cantidad y al valor calórico del bagazo de 14.15 MJ/Kg (14.15×10^6 J/Kg), la energía total producida en un año es de 68.15 GJ/ha, asumiendo una eficiencia de transferencia de calor de 80% para el sistema horno-caldera.

Entonces, la energía sobrante (en forma de vapor) en un año es de 62.68 GJ/ha.

c. Costo de la unidad de energía proveniente del bagazo.

El costo total anual para el corte de una hectárea de té de

limón es Q. 280.00, que es lo necesario para cortar un volumen igual a 14.4 destiladores llenos. Sabiendo que de un destilador se obtienen 400 Kgs. de bagazo seco con un valor calórico de 14,150 KJ/Kg, el costo de la energía es solamente Q.3.45/GJ.

d. Costo de la unidad de energía proveniente del té de limón. Si se usa el té de limón únicamente como fuente de energía, se deja de ganar Q. 158.00/ha., que es la utilidad anual. Esta utilidad del aceite representa un costo adicional al costo del corte de la planta (Q. 280.00/ha), debido a que no habría producción de aceite de té de limón. Usando el valor calórico del té de limón de 15,650 KJ/Kg se obtiene un costo energético de Q. 4.86/GJ, que es un poco más alto que el del bagazo.

e. Relación área de yuca sobre área de té de limón. Usando la producción promedio mundial de 9.1 TM/ha. con una humedad de 67.8 %, es necesario evaporar 5,693 Kgs. de agua para obtener un producto con 14% de humedad. La energía necesaria para evaporar esta agua es de 13.24 GJ/ha.

Dividiendo la energía sobrante entre la necesaria para secar la yuca, se obtiene la relación de 4.7 ha. de yuca por ha. de té de limón sembrado.

f. Relación área de flor amarilla sobre área de té de limón. Según los rendimientos en las parcelas de 4 metros cuadrados, se obtiene un rendimiento de 36 TM/ha a una altura óptima de 1.5 metros. Usando un contenido

de humedad promedio de 77.4%, es necesario evaporar 26,540 Kgs. de agua para obtener un producto seco de 14% de humedad. Para ello son necesarios 61.73 GJ/ha.

Dividiendo la energía sobrante entre la necesaria para secar la flor amarilla, se obtiene la relación de 1.0 ha. de flor amarilla por ha. de té de limón sembrado.

3. Areas de siembra de las materias primas en función de la capacidad del secador rotatorio.

Para la determinar la capacidad del secador rotatorio fue necesario establecer algunas condiciones o parámetros.

El aire de la costa tende a ser bastate húmedo, para fines de diseño se usó una humedad relativa de 80% a una temperatura de 25°C. A estas condiciones la humedad absoluta del aire es de 0.025 Kg. de agua por Kg. de aire seco.

Para evitar que las materias primas se quemem, su temperatura de salida es fijada en 75°C. En un secador rotatorio de flujo a contracorriente, la temperatura de salida del sólido llega a ser casi igual a la que entra al aire caliente (Walas, 1990). Entonces, la temperatura del aire caliente será 80°C.

El secador rotatorio de la Hacienda Santa Cristina mide un metro de diámetro y 4 metros de largo. Con base en esto se determinó su capacidad calculando antes el tiempo de residencia para luego hacer un balance de masa y energía

dentro del secador (ver anexo 1), de donde se determina el flujo másico del aire necesario para cada materia prima. Para la yuca resultó una capacidad de 550 Kgs. de yuca fresca por hora, siendo necesarios 20,300 Kgs. de aire seco por hora y para la flor amarilla la capacidad resultó ser de 420 Kgs. de materia verde por hora, siendo necesarios 18,368 Kgs. de aire seco por hora.

La yuca se cosecha de marzo a julio (5 meses), esto implica que si se trabajan 26 días/mes las 24 horas diarias, se podrán sembrar aproximadamente 185 has. de yuca para la capacidad de secado anteriormente mencionada.

La flor amarilla se cosecha de agosto a octubre (3 meses). Con las mismas condiciones y horarios de trabajo que con la yuca, se podrán sembrar 22 has. de flor amarilla para que la alimentación al secador sea de 420 Kgs./hr. de material húmedo.

Usando las relaciones de área de yuca y flor amarilla sobre área de té de limón, se necesitan 39 has. de té de limón para poder secar la yuca y 22 has. para poder secar la flor amarilla, siendo en total 61 has. de té de limón. Para las tres materias primas son necesarias un total de 268 has. de terreno cultivable.

4. Diseño del calentador de aire.

Para calentar el flujo de aire necesario de 25°C a 80°C son necesarios 2.06 GJ/hr (541,278 Kcal/hr), ver anexo 2.

Haciendo un balance de energía, se obtienen 972 Kgs. de vapor necesarios por hora (2,138 lbs./hr.).

Se usarán tubos de cobre de 1" D.E. calibre 14 B.W.G. arreglados en paso triangular de 2 1/4". Se usarán bancos de tubos de 1 m. x 1.5 m. para obtener un aire mezclado, siendo así más eficiente la transferencia de calor.

El coeficiente global de transferencia de calor para enfriadores de aire (vapor dentro de los tubos) es de 170.3 W/m²°K (30 Btu/hr(ft²)°F) (Brown, 1978). El cambio de temperatura media logarítmica es de 94.86°C. De esta forma el área de transferencia de calor debe ser de 35 metros cuadrados. Para esta área serán necesarias 18 camadas de tubos, 9 en cada entrada de aire.

La potencia del ventilador para un calentador de aire con un coeficiente global de transferencia de calor de 30 Btu/hrx(ft²)°F se puede estimar en 1.5 HP / 100 pies cuadrados de área de intercambio de calor (Brown, 1978). Entonces para un área de 35 metros cuadrados (376.5 pie) el ventilador será de 5.65 HP (4.3 hP).

Las dimensiones del ventilador para obtener un flujo másico de 20,300 Kg/hr (velocidad lineal de 18.4 pies/seg.) son las siguientes: 1 metro de diámetro por 20 centímetros de profundidad.

5. Otros cálculos de potencia.

Los cálculos detallados de los caballajes se encuentran en el Apéndice 3.

a. Transportador de banda. El transportador de banda para llevar los trozos de yuca al secador es pequeño, 5 metros de largo y medio metro de ancho. La potencia necesaria, como era de esperarse, es baja (0.023 KW). Por lo tanto, se recomienda un motorreductor de 0.25 KW (1/3 HP) o 0.37 KW (1/2 HP).

b. Molino de martillos. La potencia de 15 KW (20 HP) necesaria para mover el molino es normal, con una capacidad baja (1/2 TM/hr).

c. Motor para mover el secador. Este debe ser un motorreductor de 3.7 KW (5HP), en vista de que el caballaje necesario es de 3.4 KW (4.6 HP).

B. Análisis Económico.

1. Inversión de equipo

La mayoría del equipo es nacional, con excepción de los tubos de la caldera, los motores y el molino. El mayor insumo en la inversión son los tubos de la caldera y le sigue el calentador de aire (superficie de transferencia de calor + ventilador + tubería de 1 m. de diámetro que introduce el aire al secador).

2. Costos de producción de las materias primas

El costo agronómico de la yuca es más del triple del costo de la flor amarilla debido al gran uso de mano de obra en la yuca, mientras que en la flor amarilla todas las operaciones son mecanizadas a excepción de la recolección de semillas.

La preparación de tierra se calculó con base en maquinaria alquilada debido a que la finca no la tiene.

3. Producción anual de harinas

El área de yuca y flor amarilla, 185 y 22 has. respectivamente, son las que determinan en gran medida la producción anual de harinas. Una variable que no se conoce con exactitud son los rendimientos agronómicos, que pueden variar dependiendo de las prácticas agronómicas llevadas a cabo. Sin embargo, éstas pueden ser el factor limitante.

4. Costos de producción de las harinas y del aceite de té de limón

El costo por tonelada métrica (TM) de harina de yuca es demasiado alto (Q. 1,352.61) para que pueda competir con los demás insumos utilizados en la alimentación animal. Este costo será mucho menor si se obtienen rendimientos mayores a 9.1 TM/ha., lo que es fácilmente lograble si se aplican buenas técnicas agronómicas.

Otro costo alto es el del té de limón (Q. 21.22/Kg), comparándolo con el precio de venta de Q. 23.10. Este costo puede ser menor, de Q. 20.13, si se elimina el costo de energía eléctrica asumiendo que todas las destilaciones se harán en los 8 meses de operación de la planta deshidratadora. Como esto no es posible, el costo medio sería el siguiente: $(20.13*8 + 21.22 *4)/12 = Q. 20.49/Kg$. Con este costo, el margen de fabricación es de 9%.

El costo unitario de harina de flor amarilla está bastante competitivo. Este costo está en función del número de cortes que se puedan hacer con la flor amarilla, que para el presente análisis se usó 3 cortes por año. Para lograr estos 3 cortes se debe regar en las épocas secas, esto es 1 ó 2 veces por siembra.

5. Precios de las harinas

El precio de la harina de yuca se podría decir que está fuera del mercado si se compara con el sorgo, que tiene un precio menor, cuando el cálculo es por peso. El precio por unidad de carbohidrato también es menor el del sorgo.

El precio de la harina de flor amarilla está bastante competitivo y si se compara con el maíz amarillo, se observa que no sólo su precio total es más bajo sino que su precio por unidad de proteína es aproximadamente 2/3 del precio por unidad del maíz amarillo.

6. Utilidades netas

La utilidad neta del proyecto flor amarilla es mayor que el proyecto yuca. Lo más interesante es la diferencia de utilidades por hectárea, ya que la de la flor amarilla es 26 veces mayor que la de la yuca.

En el cálculo de las utilidades por hectárea se utilizó un área determinada de té de limón. Esto se hace porque dicha área es necesaria para la producción de la energía para la deshidratación.

7. Punto de Equilibrio

El punto de equilibrio indica las ventas mínimas anuales del proyecto para empezar a generar utilidades. Si la producción es menor habrá pérdida. Estos valores representan el 87, 17 y 81% de la producción anual de harina de yuca, flor amarilla y aceite de té de limón, respectivamente. El punto de equilibrio del proyecto flor amarilla es bajo porque los costos fijos se distribuyeron en forma equitativa en función del área sembrada de cada materia prima. El punto de equilibrio para los 3 proyectos juntos es de 56%, que es alto debido al proyecto de harina de yuca y al té de limón que también son altos.

8. Evaluación económica del proyecto

a. Tasa de rendimiento para el empresario. Estas tasas

para ambos proyectos fueron relativamente altas, 20.1% y 105.1% para la yuca y la flor amarilla, respectivamente. Esto significa que se obtendrá una rápida recuperación del capital invertido, especialmente con la flor amarilla.

b. Tasa de rendimiento bruto nacional. Uno de los principales índices que se han sugerido para medir el valor social de un proyecto es la tasa anual de rendimiento bruto nacional, ya que tiene por finalidad medir el beneficio social de un proyecto en un tiempo determinado, en razón de que los beneficios individuales no son necesariamente idénticos a los beneficios sociales.

La tasa para la yuca es bastante grande (2.35) debido a la gran cantidad de mano de obra usada en la práctica agronómica. Esta tasa significa que la planta de deshidratación de yuca tendrá una generación de ingresos de 247% sobre el valor de los insumos requeridos. El de la flor amarilla es menor (126%) pero siempre alta.

c. Tasa Interna de Retorno (TIR). Ambas TIR son bastante altas, 43.04 y 105.05% para los proyectos yuca - té de limón y flor amarilla - té de limón, respectivamente. Estas tasas son altas porque la inversión total es poca comparándola con las utilidades netas, o dicho de otra manera, las tasas de rendimiento para el empresario son bien altas.

d. Otros aspectos. Aunque el objetivo del proyecto fue estudiar los aspectos económicos relacionados a la producción

por deshidratación de harina de yuca y harina de flor amarilla, es de interés que del cultivo de Té de Limón, se pueden obtener 62.68 GJ/ha. de energía neta del bagazo, a un costo de Q.3.45/GJ. Este costo es bien bajo si se compara con el del diesel, por ejemplo, que es de aproximadamente Q. 38.00/GJ.

Esta energía sobrante puede utilizarse para deshidratar otros productos agrícolas (frutas, por ejemplo) con un mayor valor agregado que el obtenido por la harina de yuca y la flor amarilla.

VIII. CONCLUSIONES

A.- Proyectos agroindustriales como éstos pueden hacer factible el mantenimiento de una plantación de té de limón que no presenta utilidades, en la manera que se use el bagazo como fuente de energía, siendo el aceite de té de limón un subproducto.

B.- El proyecto de la harina de flor amarilla - té de limón tiene atractivos económicos como es su utilidad por hectárea (Q. 2,150/año) a un precio de venta muy competitivo de Q. 650.10/TM (Q. 29.55/qq).

C.- El proyecto de harina de yuca - té de limón no es económicamente factible en tierras de alto valor, debido a la baja utilidad por hectárea de Q. 81/año con un precio de venta poco competitivo de Q. 1,375.00/TM (Q. 62.50/qq). El factor limitante es el rendimiento por hectárea, por lo cual es necesario usar variedades de alto rendimiento.

D.- De una hectárea de té de limón es posible derivar del bagazo sobrante alrededor de 63 GJ a un costo de Q. 3.45/GJ. Esta disponibilidad podría ser mayor si el rendimiento de materia verde y/o bagazo aumenta por hectárea.

E.- El té de limón tiene un valor calorífico de 1.11 veces mayor que el del bagazo. Esta diferencia, sin embargo, no es lo suficiente grande para justificar el uso del té de limón sólo como fuente de energía, debido al costo alto de dejar de producir el aceite.

F.- En los proyectos de harina de yuca y té de limón, la producción debe ser mayor al 80% de la producción total estipulada para obtener ganancias. Con la harina de flor amarilla con que se produzca un 20% ya se empieza a obtener ganancias.

G.- La tasa de rendimiento para el empresario del proyecto harina de flor amarilla supera el 100%, es decir, este proyecto pagaría la inversión total en el primer año. Para el proyecto harina de yuca, esta tasa es aún alta; su utilidad anual es igual al 20% de la inversión total.

H.- Los dos proyectos se consideran buenos desde el punto de vista social, debido a que sus tasas de rendimiento bruto nacional son bastante grandes y la mayor es la del proyecto harina de yuca.

I.- Ambos proyectos se consideran económicamente factibles después de ver las Tasas Internas de Retorno (TIR), las cuales son de 43 y 105 % para los proyectos harina de yuca - té de limón y harina de flor amarilla -té de limón, respectivamente.

IX. RECOMENDACIONES

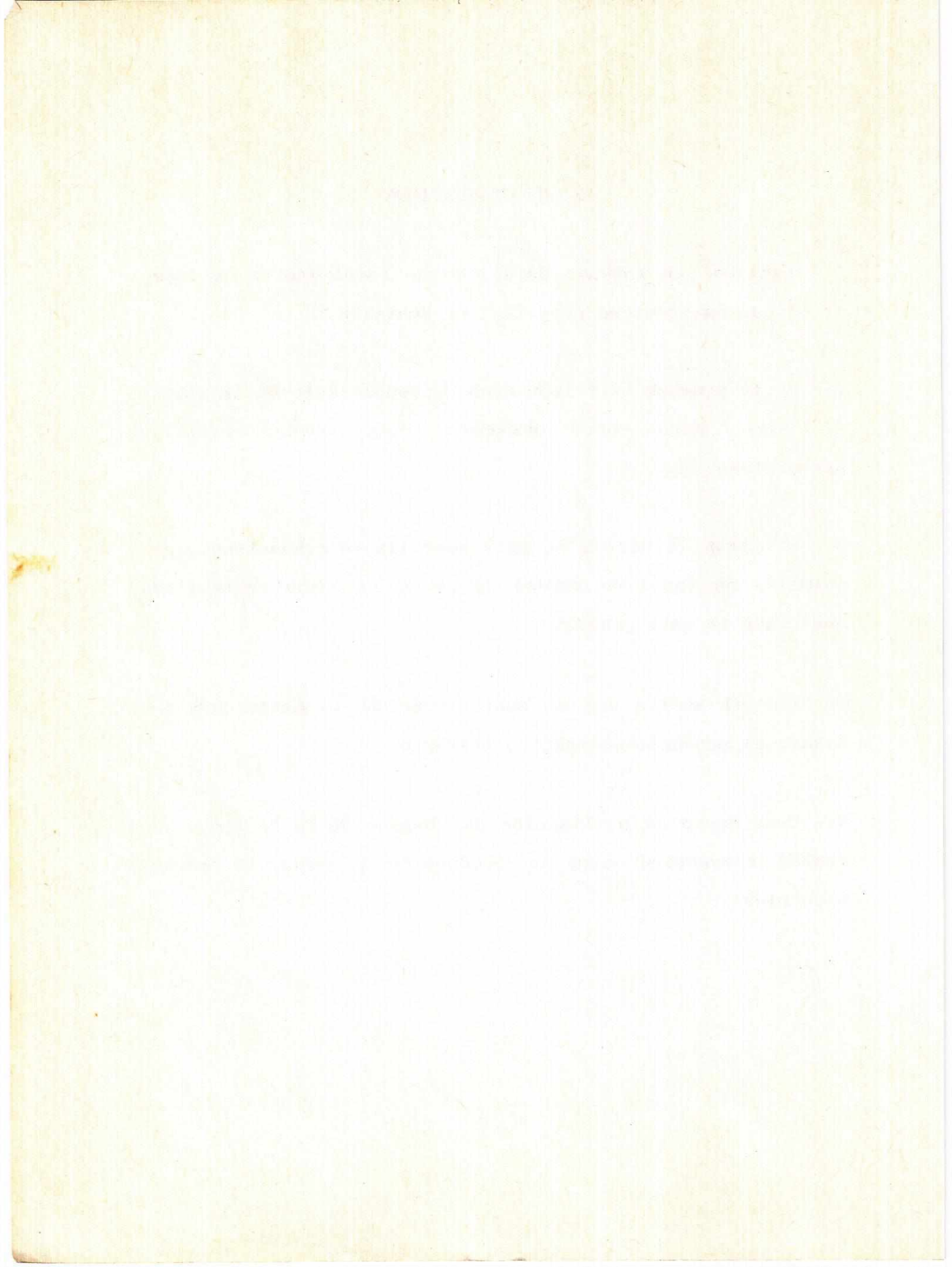
A.- Realizar un estudio detallado de rendimientos óptimos y prácticas agronómicas para la flor amarilla.

B.- Hacer pruebas experimentales de rendimiento de la yuca en el área donde será sembrada, con buenas prácticas agronómicas.

C.- Utilizar la harina de flor amarilla en concentrados para animales en forma de prueba debido a la buena rentabilidad observada en este producto.

D.- Que el aceite sea el subproducto de la actividad, y el bagazo el producto energético primario.

E.- Considerar la utilización del bagazo de té de limón como fuente energética para la producción y venta de energía eléctrica.



X. BIBLIOGRAFIA

- Aldana, M.R. Sustitución de proteína de harina de soya por proteína de harina de hoja de yuca con metionina en la alimentación de pollos de engorde. Tesis para optar el título de Licenciado en Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia.
1985
- APAE. Experimentos e Investigaciones. Resultados Analíticos.
1965 Número 1. Asociación de Productores de Aceites Esenciales. Guatemala, Guatemala.
- APAE. Experimentos e Investigaciones. Resultados Analíticos.
1966 Número 2. Asociación de Productores de Aceites Esenciales. Guatemala, Guatemala.
- APAE. Experimentos e Investigaciones. Resultados Analíticos.
1967 Número 3. Asociación de Productores de Aceites Esenciales. Guatemala, Guatemala.
- APAE. Experimentos e Investigaciones. Resultados Analíticos.
1968 Número 4. Asociación de Productores de Aceites Esenciales. Guatemala, Guatemala.
- APAE. Experimentos e Investigaciones. Resultados Analíticos.
1970 Número 5. Asociación de Productores de Aceites Esenciales. Guatemala, Guatemala.
- Brown, R. A procedure for preliminary estimates. Chemical Engineering. March 27.
1978
- CIAT. Yuca: Investigación, Producción y Utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 660 pp.
1980
- Creswell, D.C. Cassava as feed for pigs and poultry. A review. Trop. Agric. 55 (3): 273-281.
1978
- Chon de la Cruz, C.R. Efecto de dos tratamientos alcalinos sobre el valor nutritivo del bagazo del té de limón para alimentación animal. Tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería Agrónoma. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
1991
- Enriquez, F.Q. y E. Ross. The value of cassava meal for chicks. Poultry Sci. 51: 288-232.
1972
- Enriquez, F.Q. y E. Ross. Cassava root meal in grower and laying diets. Poultry Sci. 51: 288-232.
1972

Fernández, A. Selección de un sistema de molienda para producción de harina a partir de trozos de yuca seca. CIID, CIAT, Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Universidad del Valle. Cali, Valle, Colombia.

Flink, J. Energy analysis in dehydration processes. Food Technology. March. 1977

García, J.G.L., B. MacBride, A.R. Molina y O. Herrera-MacBride. Malezas Prevalentes de América Central. International Plant protection Center. San Salvador, El Salvador. 1975

Guenther E. The Essential Oils. Volume IV. D. Van Nostrand Company, Inc. New York, U.S.A. 1949

ICAITI. Guía para la exportación de productos agrícolas no tradicionales. Yuca. Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala, Guatemala. 1976

ICTA. Diagnóstico Agrosocioeconómico del departamento de el Progreso. Instituto de Capacitación Técnica Agrícola. Guatemala, Guatemala. 1989

IICA. Secado natural de yuca en la costa norte de Colombia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Celater. Cali, Colombia. 1991

Manurung, F. Technology of cassava chips and pellets processing in Indonesia, Malaysia and Thailand. In: Cassava, processing and storage. International Development Research Center. Canadá. 1974

Montaldo, A. La Yuca o Mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 1979

Montilla, J.J., C.R. Mendez y H. Wiendenhofer. Utilización de la harina de tubérculo de yuca en raciones iniciadoras de pollos de engorde. Arch. Latinoamericano de Nutrición. 9(4): 381-388. 1969

Olson, D.W., M. Sunde y H.R. Bird. The metabolizable energy content and feeding value of mandioca meal in diets for chicks. Poultry Sci. 48: 1948-1959. 1969

Pachico, D. y J. K. Lynam. Cassava Production, Marketing and Utilization. In: Latin American Agriculture: 1981

Trends in CIAT Commodities. Internal Document
Econ. pp. 69-124.

Rogers, D.J. Studies of Manihot esculenta Crantz and related
1963 species. Torrey Bot. Club. New York, U.S.A.
90(1):43-54.

Rogers y Appan, S.G. Untapped genetics resoruces for cassave
1970 improvement. 2nd. Symp. Trop. Root Crops, Hawaii.
v.1. pp. 72-75.

Romanoff, S., y M. Rodríguez. La Industria de la Yuca en la
1986 Costa Ecuatoriana. Centro Internacional de
Agricultura Tropical. Quito, Ecuador.

Vogt. H. The use of tapioca meal in poultry rations.
1966 World's Poultry Sci. J. 22: 113-125.

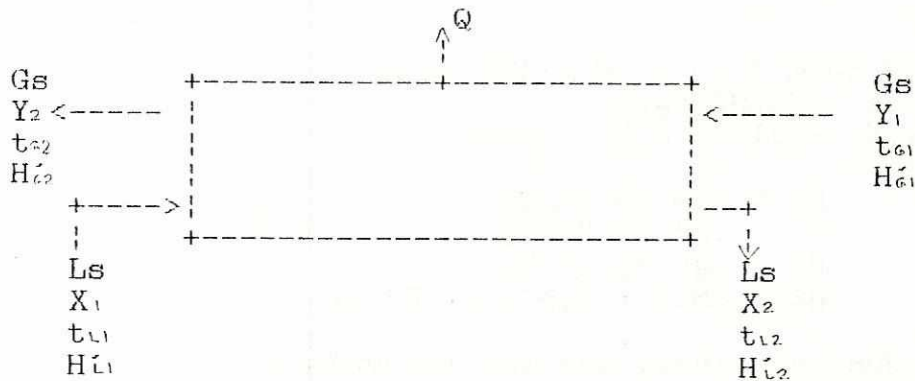
Walas, S.M. Chemical Process Equipment. 1st. ed.
1990 Butterworth-Heinemann. USA.

Walissewski, K.N. El uso de la yuca en la alimentación
1991 animal. Tecnología avipecuaria año 4. 45: 10-13.

Zumbado, M. y M. Murillo. Utilización de la harina de yuca
1980 en la alimentación de pollos parrilleros.
Agronomía Costarr. 4(1): 8997.

ANEXO 1

Balance de Masa y Energía en el Secador



Yuca.

$o = KL/DS$
 $= 16 \text{ min.}$

$L=4\text{m.}, D=1\text{m.}, S=1/10 \text{ pulg./pie.},$
 $n=7 \text{ r.p.m.}, K=3 \text{ (para}$
 altos flujos a
 contracorriente)

$C = (\pi * D / 4)(L)(d)(0.15) / \rho$
 $= 550 \text{ kg/hr}$ $d=300 \text{ Kg/m}$

Balance de masa: $LsX_1 + GsY_1 = LsX_2 + GsY_2$
 Balance de energía: $LsH'_{11} + GsH'_{21} = LsH'_{12} + GsH'_{22} + Q$

$Ls = C*(1-0.678) = 177.1 \text{ Kg/hr}$

$X_1 = 67.8/(100-67.8) = 2.106 \text{ Kg. agua/Kg. yuca seca}$

$X_2 = 14/(100-14) = 0.1628 \text{ Kg. agua/Kg. yuca seca}$

$t_{11} = 25^\circ\text{C}, t_{12} = 75^\circ\text{C}$

$Y_1 = 0.025 \text{ Kg. agua/Kg. aire seco (aire a 80\% humedad}$
 $\text{relativa a } 25^\circ\text{C)}$

$t_{21} = 80^\circ\text{C}, t_{22} = 38^\circ\text{C (de carta psicrométrica)}$

$H'_{11} = (C_L)(t_{11}) + (X)C_A(t_{11})$

$H'_{21} = (1.00 + 1.88*Y)(t_{21}) + 2,501.6*Y$

$C_L = 0.8636 \text{ KJ/Kg.K (Polley S.L., 1980)}$

$C_A = 1.88 \text{ KJ/Kg.K}$

$H'_{11} = 144.45 \text{ KJ/Kg}$

$H'_{12} = 87.72 \text{ KJ/Kg}$

$H'_{21} = 146.30 \text{ KJ/Kg}$

$H'_{22} = 38.0 + 2,573*Y_2 \text{ KJ/Kg}$

Resolviendo las dos ecuaciones con dos incógnitas,

$$G_s = 20,300 \text{ Kg./hr}$$

$$Y_2 = 0.0419$$

Flor Amarilla.

Siendo $d=230 \text{ Kg/m}^3 \rightarrow C = 420 \text{ Kg/hr}$

$$L_s = 420*(1-0.226) = 94.92 \text{ kg/hr}$$

$$C_L = 1.408 \text{ KJ/Kg.K (Polley S.L., 1980)}$$

$$H_{L1} = 196.20 \text{ KJ/Kg}$$

$$H_{L2} = 128.60 \text{ KJ/Kg}$$

$$H_{L3} = 146.30 \text{ KJ/Kg}$$

$$H_{L4} = 38.0 + 2,573*Y_2 \text{ KJ/Kg}$$

Resolviendo las dos ecuaciones con dos incógnitas,

$$G_s = 18,368 \text{ Kg./hr}$$

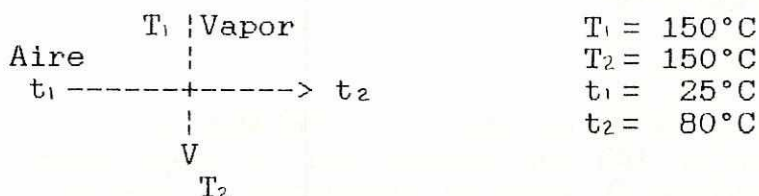
$$Y_2 = 0.0418$$

- Q: Calor sedido al ambiente, KJ/hr
 G_s: Flujo másico de aire seco, Kg/hr
 Y: Humedad absoluta del aire, Kg agua/ Kg aire seco
 t_a: Temperatura del aire, °C
 H_a: Entalpía del aire húmedo, KJ/Kg aire seco
 L_s: Flujo del sólido seco, Kg/hr
 X: Humedad absoluta del sólido, Kg agua/Kg aire seco
 t_v: Temperatura del sólido, °C
 H_v: Entalpía del sólido húmedo, KJ/Kg aire seco
 C: Capacidad de secado, Kg sólido húmedo/hr
 θ: Tiempo de residencia en secador rotatorio, min
 K: Constante que varía entre 3 y 7 para secadores rotatorios a contracorriente (Walas, 1990)
 L: Largo del secador rotatorio, metros
 D: Diámetro del secador rotatorio, metros
 n: Velocidad de rotación, r.p.m.
 S: Inclinación del secador rotatorio, pulgadas/pie
 d: Densidad media aparente del sólido, Kg/m³
 C_A: Capacidad calorífica del agua, KJ/KgK
 C_v: Capacidad calorífica del sólido, KJ/KgK

ANEXO 2

Diseño del calentador de aire

Condiciones: Vapor a 4.8 bares (70 psig), temperatura ambiental a 25°C, temperatura del aire caliente de 80°C.



$$\Delta T_{lm} = ((T_2 - t_1) - (T_1 - t_2)) / \ln((T_2 - t_1) / (T_1 - t_2))$$

$$= 94.86^\circ\text{C}$$

$$Q = (G_s)(C_A)(\Delta T_{lm}) \qquad G_s = 20,300 \text{ Kg/hr,}$$

$$= 2,056,603 \text{ KJ/hr} \qquad C_A = 1.068 \text{ KJ/KgK}$$

$$\text{Consumo vapor} = Q/\lambda \qquad \lambda = 2,116.7 \text{ KJ/Kg(a 4.8 bar)}$$

$$= 972 \text{ Kg/hr (2,138 lbs./hr)}$$

Para calentadores de aire con vapor Brown 1978 propone:

$$U = 170.3 \text{ W/m}^2\text{K (30 Btu/hr.pie}^2\text{ }^\circ\text{F)}$$

$$A = Q/(U*\Delta T_{lm})$$

$$= 35 \text{ m}^2$$

Tubos de 1" DE son recomendados para estos calentadores de aire y 14 BWG (Brown 1978), se usarán tubos de cobre arreglados en paso triangular de 2.25".

Para tubos lisos,

$$A = \pi*d*L \qquad d = 0.0254 \text{ m.}$$

$$L = 440 \text{ m.}$$

Usando tubos de 1.5 m. de largo y el espejo de la bancada de 1m., son necesarios 293 tubos.

Se pueden colocar un total de 17 tubos en la primera camada y 16 en la segunda. Entonces son 18 camadas las necesarias. Se usarán 9 camadas por cada lado de entrada de aire. Un solo ventilador induce el aire por dos bancadas de tubos, uno por cada entrada.

Para un U de 30 Btu/hr*pie² °F, el caballo necesario para el ventilador es de 1.5 HP/100 pie² de area de transferencia de calor. Entonces para 35 m son necesarios 5.65 HP.

HP para el motor del ventilador = 6 HP.

Las dimensiones del ventilador serán función de Gs.
Usando 1 m. de diámetro, la profundidad será:

$$\text{Prof.} = ((Gs)(V_{esp})/60)/(R)/(A_{\tau})$$

$$Gs=20,300\text{Kg/hr}, V_{esp}=0.78\text{m}^3/\text{Kg}(a Y =0.025)$$

$$R=1,750 \text{ r.p.m.}, A =\pi*D_{\tau}^2/4$$

$$\text{Prof.} = 0.19 \text{ m} \text{ ---> } 20 \text{ cm.}$$

Para la flor amarilla el Gs es menor (18,368 Kg/hr)
entonces se usa una polea un 10% más grande que la usada para
secar yuca, o bien se aumenta un poco la capacidad ya que es
poca la diferencia.

- Q: Calor sedido al aire, KJ/hr
- Gs: Flujo másico del aire, Kg/hr
- CA: Capacidad calorífica del aire, KJ/KgK
- ΔT_{lm} : Cambio de temperatura media logarítimica, °C
- λ : Calor latente de evaporación del agua, KJ/Kg
- U: Coeficiente global de tranferencia de calor, W/m K
- d: Diámetro exterior de los tubos, m
- L: Largo total de los tubos, m
- V_{esp} : Volúmen específico del aire, m³/Kg
- R: Rotación del ventilador, r.p.m.
- A_{τ} : Area transversal del ventilador axial, m

ANEXO 3

Calculos de potencias

- Transportador de banda.

Según Walas 1990,

$$HP = P_v + P_H + P_{vacio}$$

$$P_H = (0.4 + L/300)(W/100)$$

$$P_v = 0.001 * H * W$$

Para un transportador de 5 m.,

$$L = 14.2 \text{ pie (4.33 m.)}$$

$$H = 8.2 \text{ pie (2.5 m.)}$$

$$W = 0.53 \text{ ton/hr}$$

De Walas 1990, $P_{vacio} = 0.0245$

$$HP = 0.002371 + 0.004343 + 0.0245 = 0.031$$

$$\begin{aligned} \text{Vel. lineal} &= W / (a * d_e) & a &= 0.036 \text{ m} , d_e = 300 \text{ Kg/m} \\ &= 0.82 \text{ m/min (2.7 pie/min)} \end{aligned}$$

- Molino.

Trozos secos de 1 cm, $d_{30} = 100,000 \mu\text{m}$

Harina de 60 mesh, $d_{70} = 25 \mu\text{m}$

De Walas 1990,

$$\begin{aligned} HP &= 10 * W_i (1/d - 1/d_i), \text{ kWh/ton} & W_i &= 10 \text{ kWh/ton} \\ &= 19.7 \text{ kWh/ton} \end{aligned}$$

$$HP \text{ total} = (19.7)(0.5 \text{ ton/hr}) = 9.8 \text{ kW (13.2 hP)}$$

- Motor para el secador.

De Walas 1990,

$$P = 0.45 * W_t * V_r + 0.12(B)(D)(N)(f), W$$

$$W_t = 10,000 \text{ kgs.}$$

$$N = 7 \text{ r.p.m.} \rightarrow V_r = 0.4 \text{ m/s}$$

$$D = 1 \text{ m.}$$

$$f = 8$$

$$B = C * o / 60 = 530 * 16 / 60 = 141 \text{ Kgs.}$$

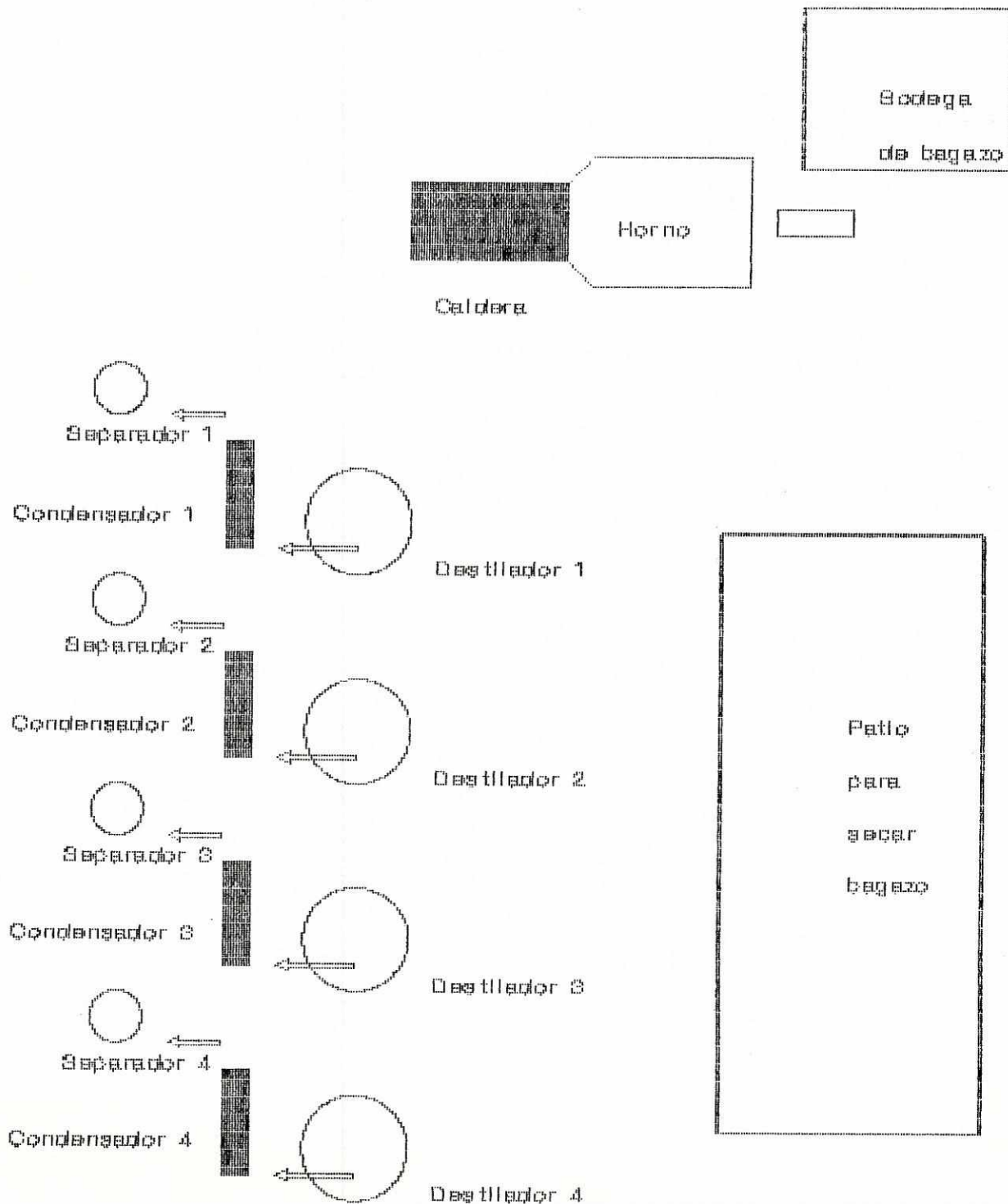
$$P = 4,937 \text{ W}$$

$$= 4.937 \text{ kW (6.6 hP)}$$

L: Distancia horizontal del transp. de banda, pie
W: Capacidad, ton/hr
H: Altura a elevar, pie
a: Area de sección transversal del sólido, m
 d_b : Densidad de bulto, Kg/m
Wt: Coeficiente de trabajo, kWh/ton
d: d_{90} de la harina, μ m
 d_t : d_{90} de los trozos, μ m
Wt: Peso de las partes rotatorias, Kg
Vr: Velocidad periférica, m/s
B: Cantidad de sólidos dentro del secador, Kg
D: Diámetro del secador, m
N: Rotación, r.p.m.
f: Número de vuelos en toda la periferia

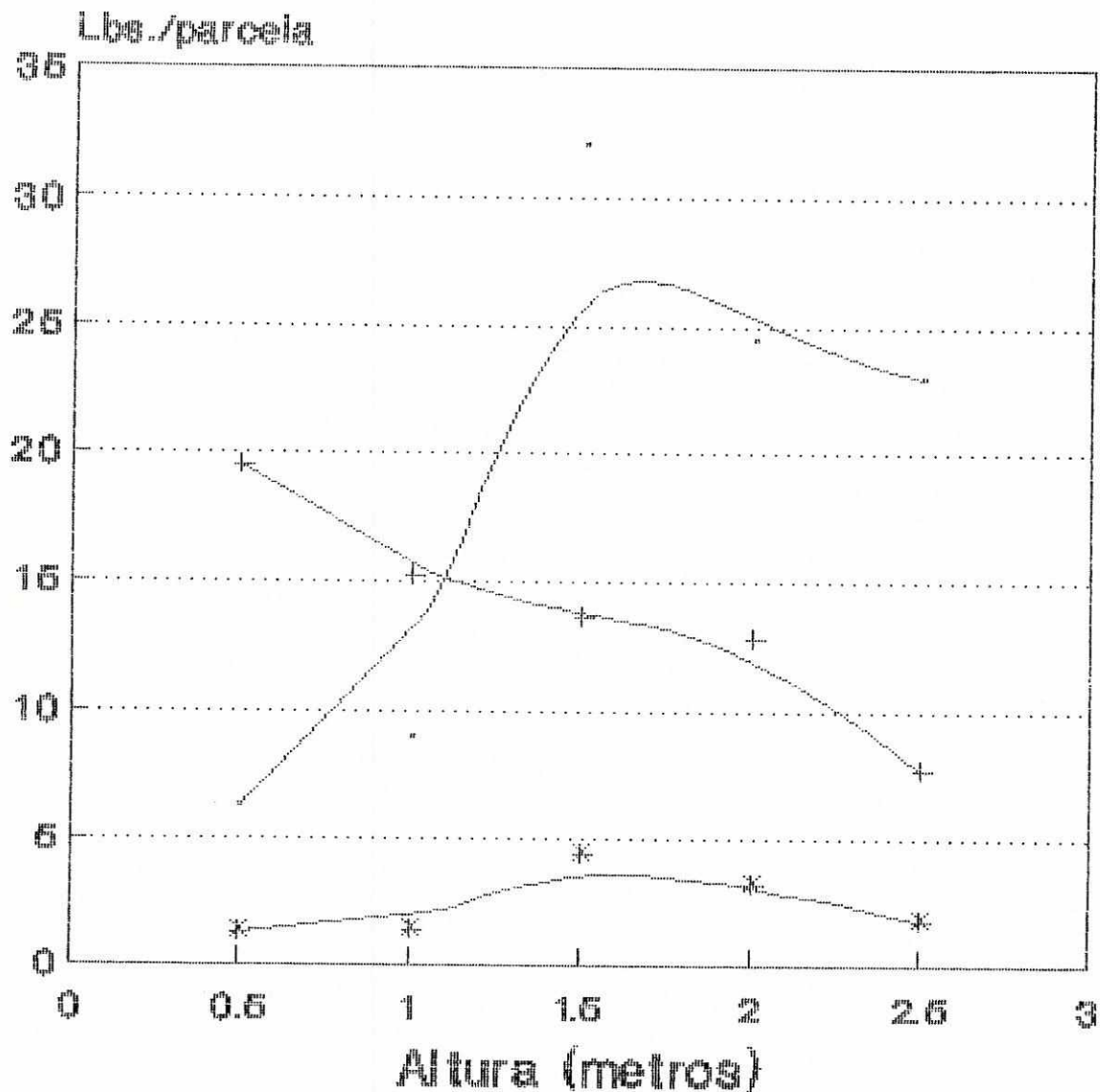
ANEXO 4

Beneficio de té de limón de Hacienda Santa Cristina



ANEXO 5

Rendimiento de la biomasa de flor amarilla en parcelas de 4 metros cuadrados a distintas alturas



— Rendimiento
—*— Rend·Proteína

+ % de Proteína

ANEXO 6

Costos

A. Costos de Operación.

- Materias primas: Yuca = Costo/ha.*#ha.
Flor A. = Costo/ha.*#ha.*3cortes/año
- Mano de Obra:
 - Yuca = 11 hr-h*24hrs*26dias*5meses*Q.1.25/hr-h
= Q. 42,900
 - Flor A. = 11 hr-h*24hrs*26dias*3meses*Q.1.25/hr-h
= Q. 25,740
 - Té de L. = 8 hombres * Q.300/mes * 12 = Q. 28,800
- Mano de Obra Indirecta:
 - Yuca = 2 hombres*Q.300/mes*5 meses = Q. 3,000
 - Flor A. = 2 hombres*Q.300/mes*3 meses = Q. 1,800
 - Té de L. = 2 hombres*Q.300/mes*5 meses = Q. 3,000
- Prestaciones laborales: Sueldo * 0.37
- Depreciación, mantenimiento, suministros y seguros:
 - Yuca = $I*0.18/2 = Q. 90,000*0.18/2 = Q. 8,100$
 - Flor A. = $I*0.18/2 = Q. 90,000*0.18/2 = Q. 8,100$
 - Té de L. = $0.18*A = 0.18*75,000 = Q. 13,500$
A: Avaluo actual del beneficio
- Energía Eléctrica:
 - Yuca = Pot. inst. (HP) * 0.746 * hrs. op./año
= $88 * 0.746 * (5meses*26dias*24hrs) * Q.0.5$
= Q. 102,411
 - Flor A = $88 * 0.746 * (3meses*26dias*24hrs) * Q.0.5$
= Q. 61,447
 - Té de L. = $(61ha.*3.5ch./ha*4cortes/año*0.75hr/2ch) * 47 HP * 0.746 * Q.0.5/kWh$
= Q. 5,615
- Sueldos:
 - = Q.4,000 (Gerente gral.) + Q. 1,300 (Administrador) + Q. 900 (oficinista)
 - = $6,200 * 12 = Q. 74,400$
 - Yuca = $74,000 * 0.68 = Q. 50,590$
 - Flor A. = $74,000 * 0.08 = Q. 5,950$
 - Té de L. = $74,000 * 0.24 = Q. 17,850$
- Depreciación de mobiliario y equipo:
 - Yuca = $Q. 5,000 * 0.15 * 0.68 = Q. 510$
 - Flor A. = $Q. 5,000 * 0.15 * 0.08 = Q. 60$

$$\text{Té de L.} = \text{Q. } 5,000 * 0.15 * 0.24 = \text{Q. } 180$$

- Papelería y útiles:

$$\text{Yuca} = \text{Q. } 1,300 * 0.68 = \text{Q. } 820$$

$$\text{Flor A.} = \text{Q. } 1,300 * 0.08 = \text{Q. } 140$$

$$\text{Té de L.} = \text{Q. } 1,300 * 0.24 = \text{Q. } 340$$

- Producción de Té de Limón:

$$(39 \text{ lbs/mz} * \text{corte})(1.2 \text{ mz/ha})(4 \text{ cortes/año}) \\ = 187 \text{ lbs/ha.}$$

- Vtas. netas de té de limón:

$$(187 \text{ lbs/ha})(\text{Q. } 10.50/\text{lb})(61\text{ha}) = \text{Q. } 119,774$$

B. Valor agregado e insumos.

Yuca.

- Sueldos y salarios:

$$= 176 \text{ jornales/ha} * 185 \text{ ha} * \text{Q. } 10.0/\text{jornal} + \\ \text{Q. } 42,900 \text{ M.O.} + \text{Q. } 3,000 \text{ M.O. Ind.} + \text{Q. } 50,590 \\ \text{sueldos} \\ = \text{Q. } 422,090$$

- Prestaciones laborales:

$$= \text{Q. } 15,875 \text{ de M.O.} + \text{Q. } 1,100 \text{ de M.O. Ind.} + \\ \text{Q. } 18,720 \text{ de sueldos} = \text{Q. } 35,695$$

- Otros servicios = Q. 14,120 fletes

- Materias primas = (Q.270/ha fert. + Q.25/ha herv.) *
185 has = Q. 54,575

- Energía eléctrica y otras compras:

$$\text{Q. } 102,410 \text{ E.E.} + \text{Q. } 820 \text{ pap. y ut.} = \text{Q. } 103,230$$

- Diesel para tractores:

$$\text{Q. } 180/\text{ha prep. tierra} * 185 \text{ ha} = \text{Q. } 33,300$$

- Depreciaciones:

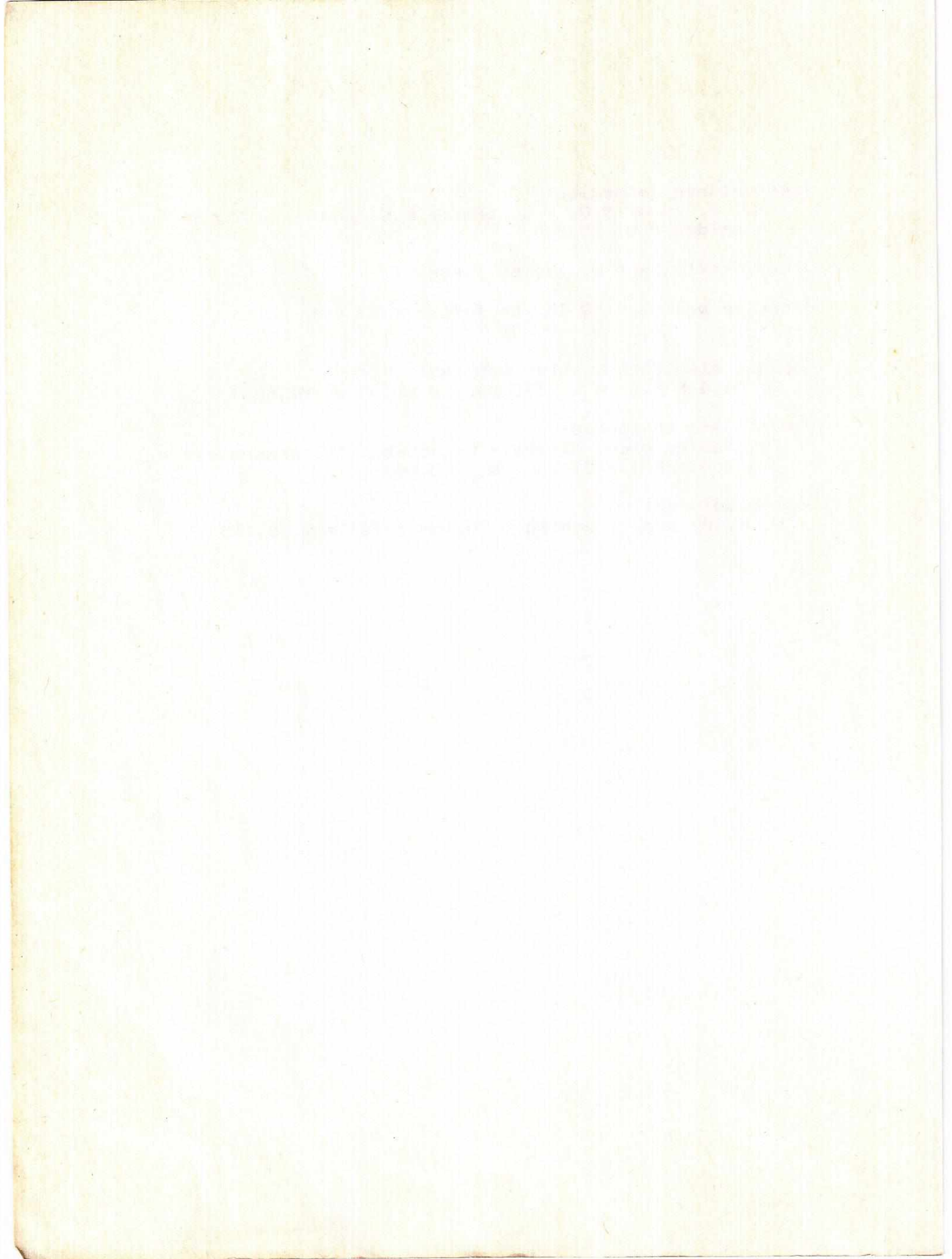
$$\text{Q. } 8,100 \text{ maq. y equipo} + 425 \text{ inmuebles} = \text{Q. } 8,525$$

Flor Amarilla.

- Sueldos y salarios:

$$= 15 \text{ jornales/ha} * 22 \text{ ha} * \text{Q. } 10.0/\text{jornal} + \\ \text{Q. } 25,740 \text{ M.O.} + \text{Q. } 1,800 \text{ M.O. Ind.} + \text{Q. } 5,950 \text{ sueldos} \\ = \text{Q. } 36,790$$

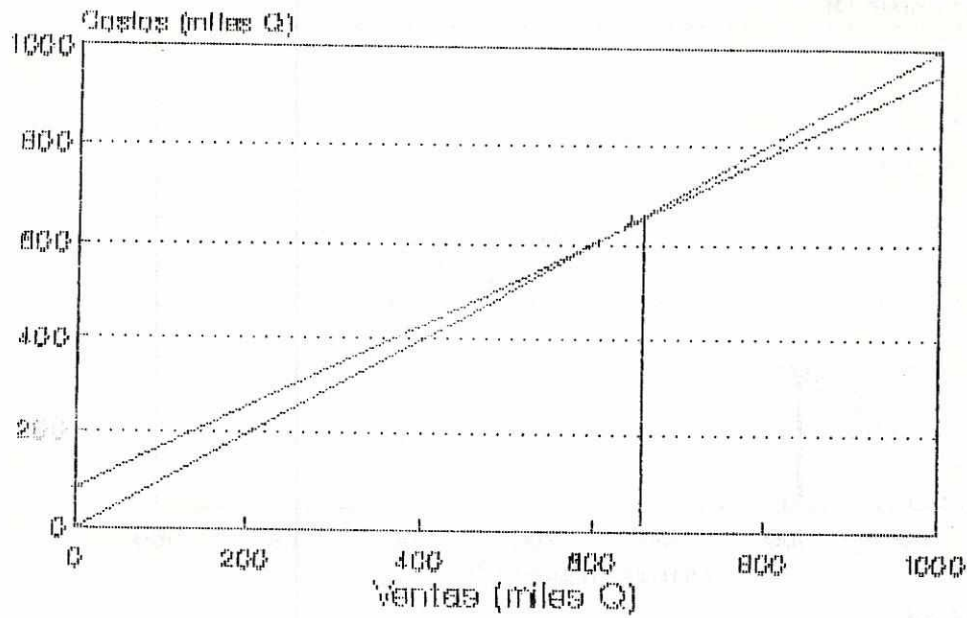
- Prestaciones laborales:
= Q. 9,525 de M.O. + Q. 665 de M.O. Ind. + 2,200 de
sueldos = Q. 12,390
- Otros servicios = Q. 12,360 fletes
- Materias primas = (Q.150/ha fert.) * 22 has
= Q. 3,300
- Energía eléctrica y otras compras:
Q. 61,445 E.E. + Q. 140 pap. y ut. = Q. 61,585
- Diesel para tractores:
(Q. 540/ha prep. tierra + Q. 600/ha alq. sembradora +
390 corte/ha) * 22 ha = Q. 33,660
- Depreciaciones:
Q. 8,100 maq. y equipo + 75 inmuebles = Q. 8,175



ANEXO 7

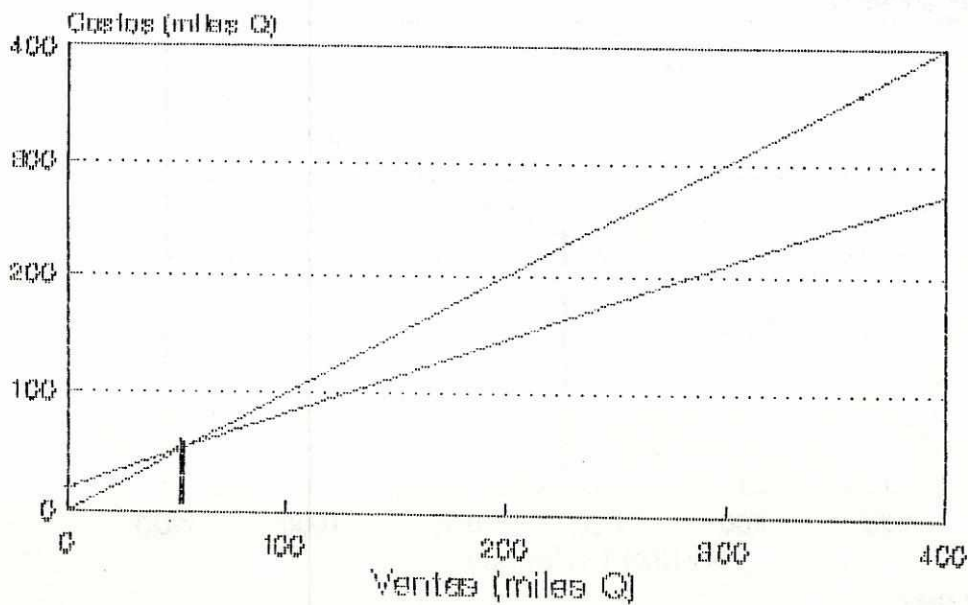
Puntos de Equilibrio

YUCA



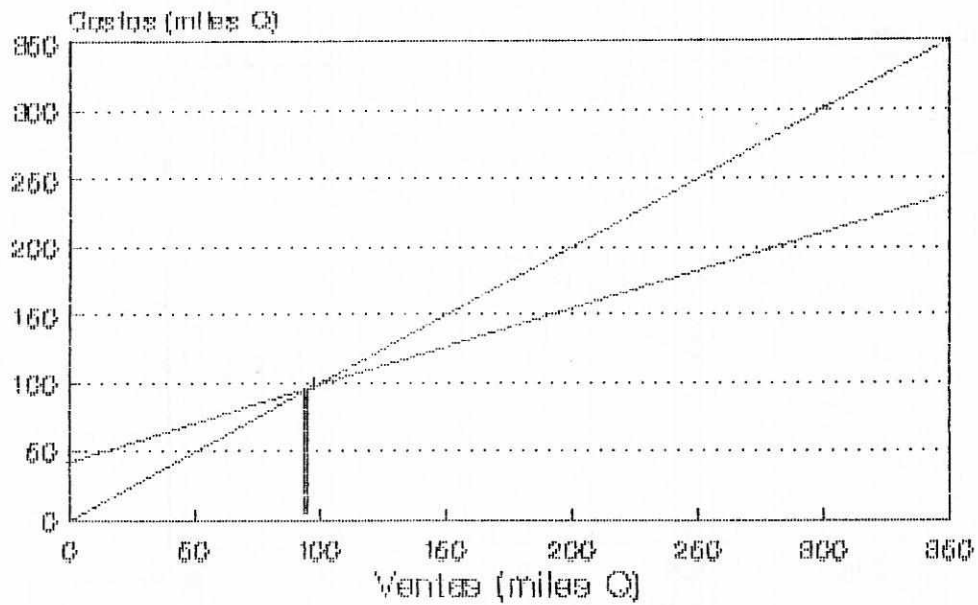
P.E. = Q 642,000

FLOR AMARILLA



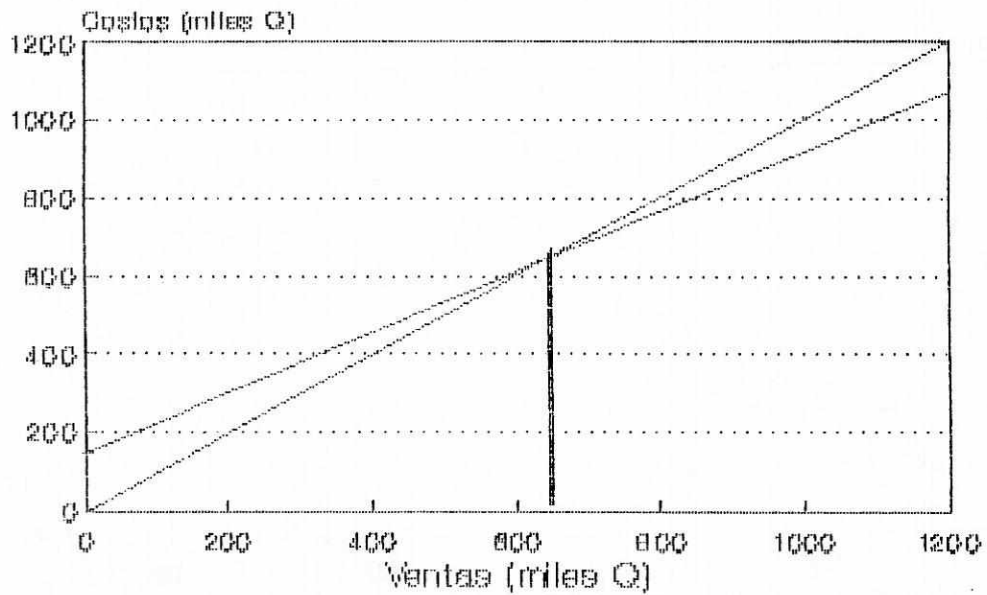
P.E. = Q 52,319

TE DE LIMON



P.E. = Q 97,500

YUCA, FLOR AMARILLA Y TE DE LIMON



P.E. = Q 651,000

ANEXO 8

Tasas Internas de Retorno (T.I.R.)

PROYECTO YUCA - TE DE LIMON

Año	Ingresos	Egresos	Flujo de Fondos	T.I.R. =	43.04%
0		90000	-90000	-90000	
1	812201	794070	18131	12675.47	
2	812201	762620	49581	24232.61	
3	812201	762620	49581	16941.14	
4	812201	762620	49581	11843.64	
5	812201	762620	49581	8279.951	
6	812201	762620	49581	5788.556	
7	812201	762620	49581	4046.809	
8	812201	762620	49581	2829.145	
9	812201	762620	49581	1977.870	
10	812201	762620	49581	1382.739	
				-2.05007	

PROYECTO FLOR AMARILLA - TE DE LIMON

Año	Ingresos	Egresos	Flujo de Fondos	T.I.R. =	105.05%
0		90000	-90000	-90000	
1	347444	252825	94619	46144.35	
2	347444	252825	94619	22503.95	
3	347444	252825	94619	10974.86	
4	347444	252825	94619	5352.285	
5	347444	252825	94619	2610.234	
6	347444	252825	94619	1272.974	
7	347444	252825	94619	620.8117	
8	347444	252825	94619	302.7611	
9	347444	252825	94619	147.6523	
10	347444	252825	94619	72.00797	
				1.896260	

