

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
CARRERA INTERDISCIPLINARIA  
EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**ELABORACION DE HARINA DE PEJIBAYE  
(*Bactris gasipaes* H.B.K.)**

**PARA CONSUMO ANIMAL**

**ILEANA ALFARO ALVAREZ**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADA EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**CIUDAD UNIVERSITARIA**

**RODRIGO FACIO**

**1988**

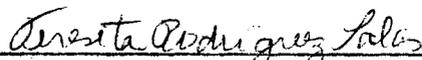
**ELABORACION DE HARINA DE PEJIBAYE  
(*Bactris gasipaes*)**

**PARA CONSUMO ANIMAL**

**ILEANA ALFARO ALVAREZ**

Tesis presentada a la Carrera Interdisciplinaria en  
Tecnología de Alimentos para optar al grado de:  
**LICENCIADA EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

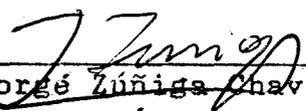
APROBADA POR:

  
\_\_\_\_\_  
Lic. Teresita Rodríguez Salas

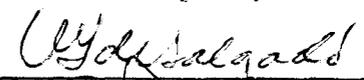
DIRECTORA DE TESIS

\_\_\_\_\_  
Sr. Rodolfo Robert De Céspedes

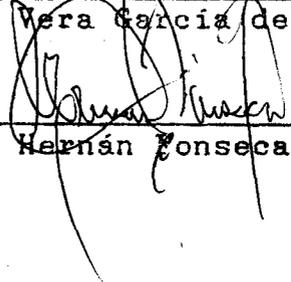
PROFESOR ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Jorge Zúñiga Chaves

PROFESOR ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Vera García de Salgado

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Hernán Fonseca Zamora

PROFESOR DESIGNADO

*"Vendrá una era de naciones pequeñas e independientes cuyo principal método de defensa será el conocimiento"*

*José Calzada A.*

## DEDICATORIA

*A los que enseñan, a los que forman, a los que dan herramientas para surgir en la vida y que piensan y sienten que ver crecer a su discípulo es el premio de su esfuerzo.*

*Hago una dedicación especial a la memoria del Dr. José Calzada quien fue coordinador del proyecto que dio origen a este trabajo. El recuerdo de su actuar como jefe, profesor, e investigador es ejemplo vivo que compromete a los que fuimos sus discípulos a hacer el mejor esfuerzo.*

## **AGRADECIMIENTO**

La presente investigación se realizó gracias a la desinteresada cooperación de las siguientes personas y entidades:

Lic. Teresita Rodríguez

PhD Jorge Zuñiga

Sr. Rodolfo Robert

Lic. Alicia Hernández

PhD Jorge Mora Urpi

Dra. Vera García de Salgado

PhD Hernán Fonseca Zamora

Centro de Investigación en Productos Naturales

Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos

Escuela de Zootecnia-Ing. Mario Murillo  
-Ing. Mario Zumbado

Jack's-Lic. Ramón Luis Montero

Planta empacadora de carne, EL ARREO S.A.

Ing. Germán Hernández del Departamento Agrotécnico del C.N.P.

Sr. Roberto Morales-CENADA.

Ing. Jorge Villalobos- Ministerio de Agricultura.

A ellos, a mis padres y hermanos y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en el desarrollo de este trabajo,

**; G R A C I A S!**

INDICE

página

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE.....	vi
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE APENDICES.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
I. JUSTIFICACION.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.....	7
III. MATERIALES Y METODOS.....	37
3.1 Materias Primas.....	37
3.2 Elaboración de harinas de pejibaye para prueba biológica y análisis químicos.....	37
3.2.1 Calor seco.....	40
3.2.2 Calor húmedo.....	40
3.2.3 Extrusión.....	40
3.3 Análisis químicos efectuados a las harina elaboradas.....	41
3.4 Prueba biológica.....	42
3.4.1 Características de la prueba.....	42
3.4.2 Definición de las dietas con pejibaye.....	46
3.5 Pruebas para el diseño del proceso.....	46
3.5.1 Escogencia de operación que elimine el factor antinutricional.....	46
3.5.1.1 Análisis químico de inhidor en las partes del fruto de pejibaye.....	46

3.5.1.2	Estudio del efecto de la temperatura en calor seco y húmedo, sobre el factor antinutricional.....	48
3.5.1.3	Cálculo preliminar comparativo del gasto energético de las operaciones que eliminan el fact. antinutric....	49
3.5.2	Análisis y descripción del resto de operaciones unitarias del proceso.....	51
3.5.2.1	Desfrutado.....	51
3.5.2.2	Separación de coquito.....	53
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	54
4.1	Elaboración de harinas de pejibaye para análisis químico y prueba biológica.....	54
4.2	Análisis químicos efectuados a las harinas de pejibaye elaboradas.....	56
4.3	Prueba biológica.....	61
4.4	Pruebas para el diseño de proceso.....	79
4.4.1	Escogencia de la operación que elimine el factor antinutricional.....	79
4.4.1.1	Análisis químico de inhidor en las diferentes partes de fruto.....	79
4.4.1.2	Estudio del efecto de la temperatura en calor seco y húmedo, sobre el factor antinutricional.....	80
4.4.1.3	Cálculo preliminar comparativo del gasto energético de las operaciones que eliminan el fac. antin.....	83
4.4.2	Análisis y descripción del resto de operaciones unitarias.....	85
4.4.2.1	Desfrutado.....	87
4.4.2.2	Separación de coquito.....	92
4.4.2.3	Secado.....	96

4.4.2.4 Consideraciones generales del proceso.....	97
---	----

V. CONCLUSIONES.....	102
VI. RECOMENDACIONES.....	105
VII. BIBLIOGRAFIA.....	107
VIII. APENDICES.....	113

INDICE DE CUADROS

página

CUADRO N <sup>o</sup> 1.	COSTO DE LA PRODUCCION Y PRECIO AL MAYORISTA DEL MAIZ EN COSTA RICA DE JUNIO DE 1984 A ABRIL DE 1988.....	8
CUADRO N <sup>o</sup> 2.	IMPORTACIONES DE MAIZ BLANCO Y AMARILLO POR AÑO DE 1980 A MAYO-1988.....	11
CUADRO N <sup>o</sup> 3.	COMPOSICION EN PESO DEL RACIMO DE PEJIBAYE.....	21
CUADRO N <sup>o</sup> 4.	PESO Y COMPOSICION DEL FRUTO DE PEJIBAYE.....	21
CUADRO N <sup>o</sup> 5.	CONTENIDO PORCENTUAL DE ALGUNOS COMPONENTES EN LA PULPA DE PEJIBAYE EN BASE SECA.....	23
CUADRO N <sup>o</sup> 6.	RESULTADOS DE ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL EFECTO DE HARINAS DE PEJIBAYE ELABORADAS POR DIFERENTES METODOS EN NUTRICION ANIMAL.....	29
CUADRO N <sup>o</sup> 7.	RESUMEN DE TRABAJOS REALIZADOS SOBRE TRATAMIENTOS PARA DISMINUIR LA ACTIVIDAD DE INHIBIDORES DE TRIPSIINA.....	33
CUADRO N <sup>o</sup> 8.	EQUIPO UTILIZADO EN LA ELABORACION DE LAS DIFERENTES HARINAS DE PEJIBAYE.....	39
CUADRO N <sup>o</sup> 9.	COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS DIETAS.....	47
CUADRO N <sup>o</sup> 10.	RESULTADOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS REALIZADOS A LAS HARINAS DE PEJIBAYE.....	58
CUADRO N <sup>o</sup> 11.	VALORES DE ENERGIA METABOLIZABLE EN LAS DIFERENTES HARINAS DE PEJIBAYE.....	75

CUADRO N°12. CORRELACION EXISTENTE ENTRE LAS DIFERENTES VARIABLES DE LA PRUEBA BIOLOGICA.....	77
CUADRO N°13. PORCENTAJE DE INHIBICION (INHIBI- DOR DE TRIPSINA) EN LAS DIFERENTES PARTES DEL FRUTO DE PEJIBAYE.....	80
CUADRO N°14. PORCENTAJE DE INHIBICION (INHIBI- DOR DE TRIPSINA) EN MUESTRAS DEL ESTUDIO DEL EFECTO DEL CALOR SECO Y CALOR HUMEDO SOBRE EL FACTOR AN- TINUTRICIONAL EN PEJIBAYE.....	81
CUADRO N°15. GASTO ENERGETICO DE LAS OPERA- CIONES ESCOGIDAS PARA ELIMINAR EL FACTOR ANTINUTRICIONAL. ....	84
CUADRO N°16. PORCENTAJE DE FRUTOS DESPRENDIDOS EN PRUEBA DE DESFRUTADO.....	89

INDICE DE FIGURAS

	página
FIGURA No1. PRECIOS DEL MAIZ 1980-1987.....	9
FIGURA No2. PEJIBAYE COMERCIALIZADO EN CENADA.....	18
FIGURA No3. ESQUEMA DEL FRUTO DE PEJIBAYE.....	20
FIGURA No4. ALGORITMO DE PROCESOS EMPLEADOS EN LA ELABORACION DE LAS HARINAS DE PEJIBAYE.....	38
FIGURA No5. ESQUEMA DEL EQUIPO CONSTRUIDO PARA LA SEPARACION DEL FRUTO DEL RAQUIS (DESFRUTADOR).....	52
FIGURA No6. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE CONSUMO DE ALIMENTO (1-15 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	63
FIGURA No7. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE CONSUMO DE ALIMENTO (16-28 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	64
FIGURA No8. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE CONSUMO DE ALIMENTO (1-28 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	65
FIGURA No9. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE GANANCIA DE PESO (1-15 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	67
FIGURA No10. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE GANANCIA DE PESO (16-28) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	68

FIGURA N°11. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE GANANCIA DE PESO (1-28 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	69
FIGURA N°12. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE CONVERSION ALIMENTICIA (1-15 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	70
FIGURA N°13. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE CONVERSION ALIMENTICIA (16-28 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	71
FIGURA N°14. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE CONVERSION ALIMENTICIA (1-28 DIAS) DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	72
FIGURA N°15. REPRESENTACION GRAFICA DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PARA LA VARIABLE TAMAÑO DEL PANCREAS DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA.....	74
FIGURA N°16. MODIFICACION SUGERIDA PARA DESFRUTADOR DE FIGURA N°6.....	91
FIGURA N°17. ESQUEMAS DE EQUIPOS SUGERIDOS PARA SEPARAR EL COQUITO.....	95
FIGURA N°18. ESQUEMA DE PROCESO SUGERIDO PARA LA ELABORACION DE HARINA DE PEJIBAYE.....	101

LISTA DE APENDICES

página

APENDICE A.	ANALISIS DE TAMIZADO DE HARINAS DE DE PEJIRAYE.....	114
APENDICE B.	DATOS COMPLEMENTARIOS DEL ANALISIS ESTADISTICO REALIZADO PARA LAS VA- RIABLES RESPUESTA DE LA PRUEBA BIOLOGICA.....	115
APENDICE C.	CALCULOS.....	126

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de definir un proceso de elaboración de harina de pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.) para consumo animal que garantizara la eliminación del factor antinutricional presente, que no disminuyera la digestibilidad, ni el contenido de otros nutrientes y que además, fuera económicamente rentable.

El trabajo se dividió en tres etapas:

1. Identificación del factor antinutricional responsable de los efectos producidos en los animales.
2. Escogencia de la operación que eliminara el factor antinutricional.
3. Análisis y descripción de las otras operaciones de proceso.

Mediante la correlación de análisis químicos y una prueba biológica con pollos de engorde se estableció que un inhibidor de tripsina es el principal responsable de los efectos adversos que presenta la harina cruda.

Se encontraron tres operaciones para eliminar este factor antinutricional: ebullición por 15 minutos; cocción a

115°C por 5min. y extrusión. De ellas la extrusión es la que requiere de un menor gasto energético, por lo que se recomienda como la más adecuada para el proceso. Sin embargo, se notó que esta operación modifica algunos de los constituyentes de la harina. Para los alcances de este trabajo, no se realizaron pruebas para determinar la influencia de estas modificaciones en el producto desde el punto de vista alimenticio.

La prueba biológica mostró, además, que la harina tratada puede incorporarse como fuente energética a la dieta, de pollos de engorde en un 48 % con resultados similares a los obtenidos con materias primas tradicionales.

Con respecto a las otras operaciones unitarias del proceso se consideraron relevantes las siguientes:

-Desfrutado: para este se diseñó y probó un equipo mecanizado, el cual demostró ser más eficiente con el producto cocinado.

-Separación del coquito: se idearon equipos a nivel teórico que deben ser probados. Esta operación deberá considerarse opcional dependiendo del uso final que se le quiera dar al coquito.

-Secado: Se catalogó como la operación crítica desde el punto de vista económico ya que, de acuerdo a cálculos

realizados, involucra el mayor gasto energético.

Los estudios realizados para este trabajo no permitieron establecer la rentabilidad económica del proceso, pero sí definir las prioridades de investigación.

## I. JUSTIFICACION

En nuestro país es común la utilización de gran cantidad de granos, en su mayoría importados, para la elaboración comercial de dietas balanceadas para consumo animal. Si se considera el alto precio actual del maíz y la competencia directa del grano para consumo humano, se hace necesario la búsqueda de nuevas fuentes de alimento animal que permitan reemplazar el maíz, al menos parcialmente, con rendimientos satisfactorios.

Es conveniente que la solución a este problema se oriente hacia la utilización de materias primas nacionales, especialmente de aquellos cultivos que aún no han recibido una adecuada atención por parte de los investigadores y que probablemente tengan mucho futuro en este sentido.

Un ejemplo de estos productos lo constituye el pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.) el cual se produce satisfactoriamente en condiciones tropicales, es perenne, presenta bajos costos de producción del fruto, alta productividad por hectárea y alto valor nutritivo.

Actualmente, a pesar de que existen excedentes, este fruto tiene un uso muy reducido en la alimentación animal, pues sólo se comercializa, para consumo humano, el que es denominado como "primera clase". Sin embargo su utilización para consumo animal depende de la escogencia de un proceso de fabricación que sea económicamente rentable y que garantice la eliminación del factor antinutricional presente, el cual impide que pueda emplearse crudo.

La investigación en este campo se inició en la Universidad de Costa Rica desde hace unos ocho años. El Programa Avícola de la Escuela de Zootecnia logró producir harina de pejibaye para usarla en dietas para aves e inició los experimentos para estudiar la composición química y el valor nutritivo de esta harina. Un análisis de los estudios anteriormente realizados (Kroneberg, 1982; Soto, 1983; Cooz, 1984; Loynaz, 1985; Espinoza, 1986 y Facuseh, 1986) permitió definir los siguientes aspectos:

1. No se estableció una relación directa entre las pruebas en los animales y los análisis químicos realizados a las harinas; por lo que era posible que el factor antinutricional determinado químicamente no fuera el único responsable de los efectos presentados

por los animales.

2. Cuando en el método de cocción se utilizó el marmita o autoclave se emplearon tiempos de proceso muy altos (30-60 minutos a 115°C). De acuerdo a Altschull (1958) para este tipo de tratamiento térmico, después de los 15 minutos se producen efectos negativos como destrucción de aminoácidos, pérdida de otros nutrientes y disminución de digestibilidad. En esas pruebas se duplicó o cuadruplicó el valor límite, con posibles efectos detrimentales del valor nutricional de la harina y con el agravante del incremento económico.
3. En todos los casos se utilizó el secado por aire forzado para eliminar el agua. No se realizaron estudios para definir si el calor proporcionado por esta operación por sí solo desactivaba el factor antinutricional. Esta puede ser una importante opción porque eliminaría la necesidad de utilizar otra operación para este propósito.
4. A las harinas elaboradas por diferentes métodos no se les realizaron análisis de contenido de sus

principales nutrientes para definir cómo se modificaba su valor nutricional según el proceso que se usara.

5. En casi todos los casos de harinas tratadas para eliminar el factor antinutricional, un 100% de sustitución presentó respuestas inferiores que el control (a base de maíz y soya).

6. En todos los trabajos realizados no se hace referencia a las otras operaciones unitarias involucradas en el proceso.

En vista de todos los puntos anteriores, el presente estudio se propuso definir un proceso de elaboración que garantice la eliminación del factor antinutricional, no disminuya la digestibilidad ni contenido de otros nutrientes de la harina y que, además, fuera económicamente rentable.

La investigación se dividió en tres etapas:

1) Identificación del factor antinutricional responsable de los efectos producidos en los animales.

2) Escogencia de una operación práctica y económica que elimine el factor antinutricional. Para ello se tomaron como punto de partida tres opciones diferentes:

- i. Calor seco: En esta opción se utilizó el calor suministrado por el secador para definir si, por sí solo, desactiva el factor antinutricional.
- ii. Calor húmedo: La operación escogida fue la cocción en marmita a 115°C. Ya se sabía que esta opción elimina los efectos producidos por el factor; el objetivo fue establecer si tiempos menores a los empleados en anteriores investigaciones son igualmente eficientes.
- iii. Extrusión: Es sabido que esta operación presenta muchas ventajas de proceso:
  - aumenta la digestibilidad del producto.
  - Destruye materiales interferentes.
  - Es termodinámicamente eficiente.
  - Requiere menos mano de obra que otros métodos de cocción.
  - Es versátil. Alta capacidad de producción.
  - Requiere poco espacio de planta.

Sin embargo son limitantes de esta operación:

- La cantidad de agua y grasa de la materia prima utilizada.
- La materia prima debe alimentarse uniformemente.
- En el país existe poca experiencia práctica sobre extrusión que permita el adiestramiento "apropiado" de personal para operar el equipo.
- Alto valor económico del equipo.

Por lo tanto para esta opción se desea establecer las necesidades de acondicionamiento adecuado del pejibaye, antes de ser sometido a esta operación.

3) Análisis y descripción del resto de operaciones unitarias del proceso.

- i. Desfrutado
- ii. Separación de coquito
- iii. Secado
- iv. Otros.

## I. REVISION BIBLIOGRAFICA.

En los últimos años la alimentación animal ha venido sufriendo grandes cambios debido a la poca disponibilidad y a los altos precios de las materias primas utilizadas tradicionalmente. Esto ha causado gran impacto en la industria animal, pues cada vez es más difícil conseguir a un costo razonable una buena alimentación (Murillo et al, 1983).

Según Murillo (1981), en nuestro país, las estimaciones de concentrados para monogástricos sobrepasan las 570.000 TM para 1990. Si se toma en cuenta que en la dieta la porción energética constituye más del 60 % , las materias primas tradicionales, como maíz, sorgo, semolina y grasa no alcanzarán para satisfacer la demanda.

Es importante destacar el caso del maíz, la materia prima más utilizada como fuente energética. Este producto es subvencionado por el Estado como se aprecia en el Cuadro N°1, donde se comparan los costos de producción con el precio de mayorista . A pesar de ello, como muestra la Figura N°1, en los últimos años se ha presentado un notable incremento en los precios. Además, en el país no se siembran cantidades que permitan satisfacer el mercado, por lo que se ha tenido

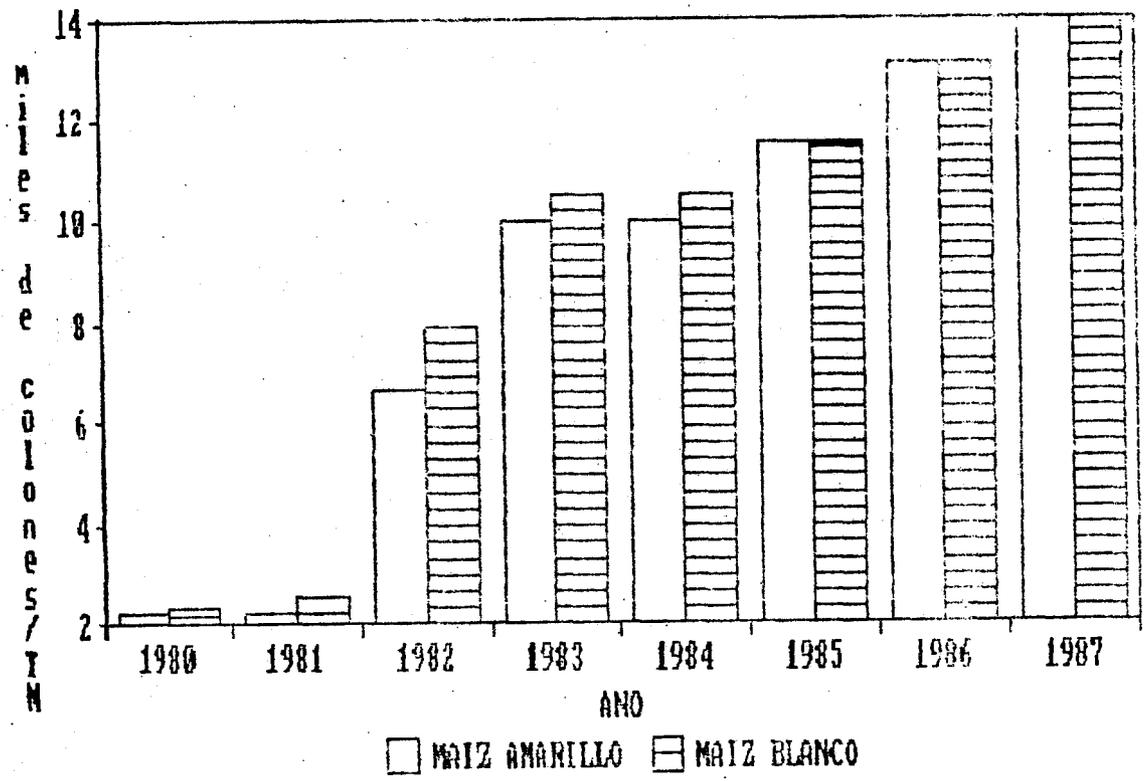
CUADRO N°1  
 COSTO DE PRODUCCION Y PRECIO AL MAYORISTA  
 DEL MAIZ EN COSTA RICA  
 DE JUNIO DE 1984 A ABRIL DE 1988\*

FECHA	COSTO PRODUCC. (¢/TM)	PRECIO (¢/TM)	DIFERENCIA <sup>1</sup> (¢/TM)
Junio-84	22,995.47	11,371.00	- 11,624.47
Noviembre-84	24,789.36	12,246.16	- 12,543.20
Marzo-85	28,381.38	14,023.30	- 14,358.08
Octubre-85	32,512.79	12,071.74	- 20,441.05
Marzo-86	33,625.71	12,481.20	- 21,144.51
Octubre-87	31,912.49	12,238.79	- 19,673.70
Enero-88	35,904.52	13,951.43	- 21,953.09
Abril-88	39,658.81	15,013.26	- 24,645.55

\* Elaborado de acuerdo a datos suministrados por el Departamento de Estudios Económicos, División Fomento-C.N.P.

<sup>1</sup> Diferencia entre precio al mayorista y costos de producción

FIGURA Nº1  
PRECIOS DEL MAIZ\*  
1980-1987



\* Elaborado de acuerdo a los datos suministrados por el Departamento de Estudios Económicos, División Fomento-C.N.P.

que importar, agravándose el problema a partir de 1987 como se observa en el Cuadro N°2. En la actualidad los productores nacionales aseguran estar perdiendo con este cultivo, por lo que no lo quieren sembrar, y la sequía que afecta a los Estados Unidos ha ocasionado fuertes pérdidas que dificultan ha este importante suplidor hacernos llegar el producto (CNP, 1988).

Esta crisis ha evidenciado la necesidad de nuevas alternativas. La búsqueda se ha centrado en cultivos que cumplan los requerimientos nutricionales, que esten bien adaptados a la zona, y que sean rentables y de alto rendimiento.

Una alternativa para solucionar el problema se presenta en la gran variedad de especies de palmeras que poseemos como parte de la flora caracterísiticas de la región tropical, ya que son un potencial muy importante para la producción de aceite, grasa, almidón y proteínas suplementarias (CIPRONA, 1986).

Entre estas se puede destacar el pejibaye, el cual fue un cultivo que tuvo gran importancia como alimento en varias civilizaciones precolombinas del trópico húmedo americano, quienes lo domesticaron. En esa época su distribución

## CUADRO N°2

IMPORTACIONES DE MAIZ BLANCO Y AMARILLO  
POR AÑO DE 1980 A MAYO-1988\*

ANO	IMPORTACIONES (TM)	costo est. <sup>1</sup> \$/TM	DONACIONES <sup>2</sup> (TM)	CONSUMO ANIM. <sup>3</sup> (TM)
1980	68,386.40	170.81	-----	-----
1981	9,325.76	183.69	-----	-----
1982	68,178.62	169.30	10,000.00	-----
1983 <sup>4</sup>	50,190.42	147.45	-----	-----
1984	59,804.75	156.87	-----	-----
1985	24,724.77	139.00	-----	-----
1986	-----	-----	-----	-----
1987	58,423.62	116.23	13,552.02	25,570.00
1988 <sup>5</sup>	120,784.54	130.24	32,041.32	7,699.00

\* Elaborado de acuerdo a datos suministrados por el Departamento de Estudios Económicos, División Fomento-C.N.P.

<sup>1</sup> Se estableció dividiendo el valor total anual de las importaciones de maíz entre el volumen total, sin incluir las donaciones.

<sup>2</sup> Sólo se pagó el valor del flete.

<sup>3</sup> Importaciones realizadas por la Cámara de Productores de Alimentos para animales.

<sup>4</sup> En ese año se exportaron a Panamá 230 TM con un costo estimado de \$335/TM.

<sup>5</sup> De enero hasta mayo.

geográfica se extendía por un inmenso territorio que abarcaba desde Honduras hasta Bolivia (Mora y Solís, 1980; Camacho, 1979). Sin embargo, con la llegada de los conquistadores fue sustituido por el maíz y el trigo y el cultivo fue poco a poco desplazado hasta el punto de llegar a encontrarse en vías de extinción en algunos países.

No es sino hasta la última década que se toma mayor interés por esta palma, para su posible explotación y por ello se estimula su investigación. Se espera que dentro de pocos años llegue a ocupar un lugar preponderante entre las especies americanas de alto valor nutritivo (Camacho, 1979; Mora y Solís, 1980).

De manera particular, Costa Rica le ha dado prioridad a la investigación de pejibaye por más años que ningún otro país. Instituciones como el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), ASBANA (Asociación Bananera Nacional) y la Universidad de Costa Rica han estudiado diversos campos: morfología, biología floral, aspectos fisiológicos y agronómicos, cultivo de tejidos, composición química, valor nutritivo, enfermedades y conservación del fruto. Se cuenta, además, con dos de los bancos de germoplasma más completos en el mundo: el de la Universidad de Costa Rica-ASBANA-CONICIT en Guápiles, con más

de 900 introducciones de Centro y Sur América, y el del CATIE con cerca de 200, la mayoría autóctonas (Clement, 1986; CIPRONA, 1986).

Los aportes de las investigaciones realizadas hasta el momento permiten reunir las siguientes características sobre este cultivo. Por su gran distribución geográfica y por su variabilidad, el pejibaye recibe una serie de nombres científicos y comunes. Bactris gasipaes H.B.K es el nombre científico histórico de la especie, posteriormente Liberty Hyde Bailey propuso el de Guillielma gasipaes H.B.K. L.H.Bailey, nombre bastante frecuente en la literatura. Hoy en día, diferencias morfológicas (generalmente pequeñas) han sido utilizadas para mantener tal discrepancia, pero la mayoría de los botánicos apoyan el nombre original y aducen que dichas diferencias deberían considerarse como variedades de una misma especie. Sin embargo el conocimiento de las variedades es todavía confuso (CIPRONA, 1986).

Los nombres comunes dados a dicha planta sobrepasan en número a los doscientos. Ellos son un reflejo de la variedad de tribus con que estuvo relacionado. Los más comunes son pejibaye, que es como se le conoce en Costa Rica y el resto de Centro América; chontaduro y cachipay, como se le dice en Colombia, y pupunha, en Brasil (Camacho, 1979; Mora, 1983;

CIPRONA, 1986).

Aunque el pejibaye puede subsistir bien en una serie de condiciones ecológicas de los trópicos, parece desarrollarse mejor en las formaciones de bosque húmedo tropical. La altura más apropiada para su cultivo va desde cero hasta los ochocientos metros. En nuestro país se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1500 metros y en casi todo el territorio: en San José, San Isidro del General, en Alajuela, El Tanque de San Carlos y Altamira; en Cartago, Tucurrique y Oriente del cantón de Jiménez; en Heredia, La Virgen de Sarapiquí y Horquetas; en Puntarenas, Buenos Aires y Corredores y en Limón, Batán y Guápiles (Fournier; CIPRONA, 1986; Villalobos, 1989).

La palmera tiene una vida económica de 75 años o más; la producción del fruto se inicia al tercer año pero requiere de siete como mínimo para alcanzar su nivel óptimo que teóricamente puede ser de 25 TM/Ha por año. Esta alta productividad por hectárea es una de las razones por las que se le considera un cultivo de gran potencial ya que compite con los cultivos importados, los cuales son de mucha menor productividad, necesitan de mayores cuidados y además no son perennes. Como ejemplos tenemos la soya, cuyo rendimiento es de 3 TM/Ha y el maíz que ofrece 1.6 TM/Ha. Aunque el

pejibaye dura siete años en optimizar su producción, cuando alcanza su mayor rendimiento recupera el equivalente producido por estos últimos cultivos en ese lapso de tiempo (Forero, 1985; CIPRONA, 1986).

En la mayor parte de nuestro país los rendimientos son bajos, generalmente después de un año malo sigue uno bueno. Esto se debe a que no se cultiva en forma planificada; sobre todo, no son adecuadas las distancias de siembra ni se fertilizan las plantas. Según Granados (1983) en Tucurrique, una de las zonas en que más se han realizado estudios al respecto, el rendimiento fue de 4.04 TM/Ha para 1983. ASBANA, sin embargo, ha demostrado en su plantación experimental en La Rita de Guápiles que con control se pueden obtener altos rendimientos de producción, muy similares a los esperados teóricamente: de 8.6 a 11.5 TM/Ha en el quinto año y de 14.5 a 26.7 TM/Ha para el sétimo (Zamora, 1985). En la actualidad existe en Buenos Aires de Osa de Puntarenas la primera plantación planificada a nivel comercial, parte de la cual empieza a producir en este año.

El pejibaye es una palmera que tiende a formar capas con múltiples hijos que permiten la renovación periódica de los tallos cortados, cuando se explota el palmito, o de los troncos muy altos en el caso de la explotación de la fruta,

evitando así la necesidad de sembrar después de cada cosecha. Cada tallo crece erecto pudiendo alcanzar de 12 a 20 metros de alto en su madurez, con un diámetro basal de 20 a 30 centímetros en su madurez. La presencia de anillos a lo largo del tronco indica el lugar de anteriores hojas. Espinas duras que llegan a medir hasta ocho centímetros de longitud crecen en forma perpendicular al tallo. El desarrollo de estas espinas dificulta la cosecha de su fruto, obligando para ello a la utilización de un sistema mecanizado que agilice el proceso. Existen una minoría de variedades con muy pocas espinas e incluso algunas en las que no se indica su presencia; entre ellas algunas producen frutos de muy buena calidad (Fournier, 1969; Camacho, 1979; Mora, 1983; CIPRONA, 1986).

Las inflorescencias tienen forma de racimo, con un eje central y numerosas ramillas cubiertas de flores masculinas y femeninas. El pejibaye ha desarrollado, en su evolución, una eficiente combinación de mecanismos de polinización y autocompatibilidad (Mora, 1984). La polinización natural se produce por insectos, viento y gravedad. Los dos primeros agentes polinizadores producen polinización cruzada, lo que ha permitido la existencia de gran variabilidad en las características del fruto en cuanto a color, sabor, tamaño y forma, que se refleja en los estudios de contenido de sus

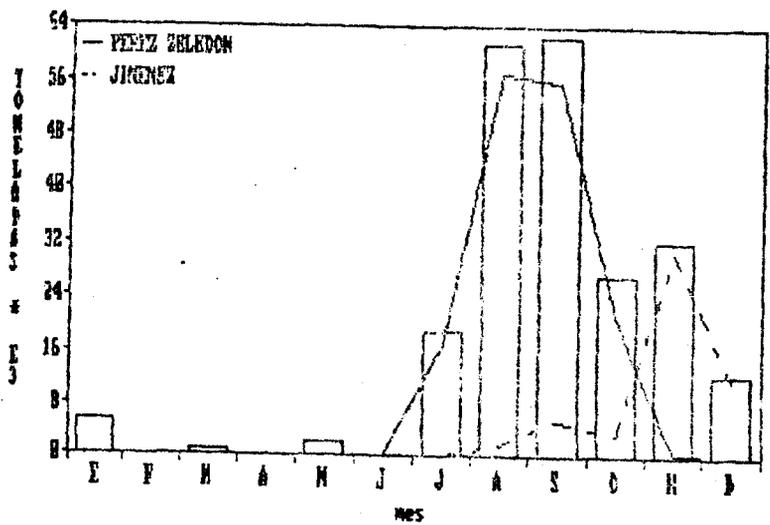
principales nutrientes (Forero, 1985; CIPRONA, 1986).

La tendencia genética de la especie es florecer en forma continua y uniforme durante todo el año, puesto que la edad de las yemas es el factor determinante de la diferenciación y desarrollo de la inflorescencia. Teóricamente se espera que en condiciones uniformes de ambiente se obtenga cosecha todo el año. Sin embargo dos factores determinan la periodicidad de la floración:

- Inicio de las lluvias después de un período seco ya que el período seco reduce el ritmo de crecimiento vegetativo y la llegada de las lluvias induce la fase de crecimiento rápido de las yemas florales.
- Estado de nutrición de la planta, pues si la planta no posee suficientes reservas alimenticias, las yemas florales abortan (Mora, 1983).

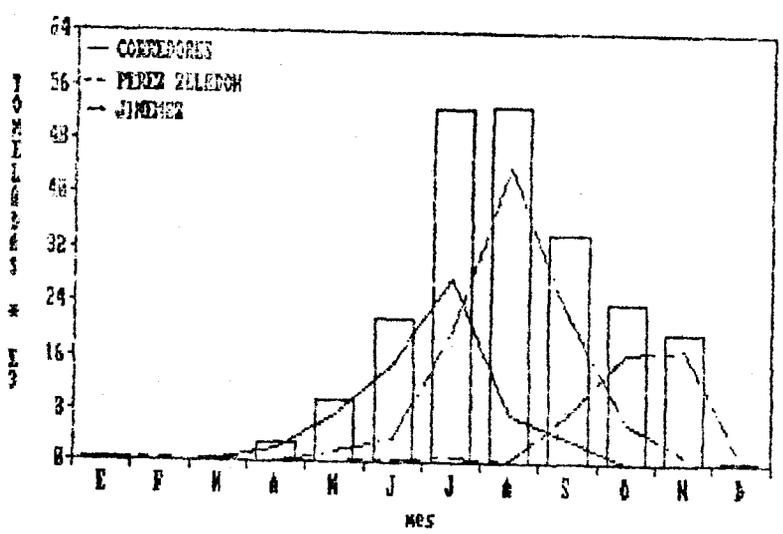
En el país, la cosecha es estacional. Tomando los datos suministrados por CENADA como índices de la producción anual, se puede decir que en las diferentes regiones la mayor parte de la producción se cosecha en dos meses como se observa en la figura N° 2, para los años 1985 y 1986. Se puede apreciar además, que los picos de producción varían

FIGURA Nº2  
PEJIBAYE COMERCIALIZADO EN CENADA



a. en 1985

b. en 1986



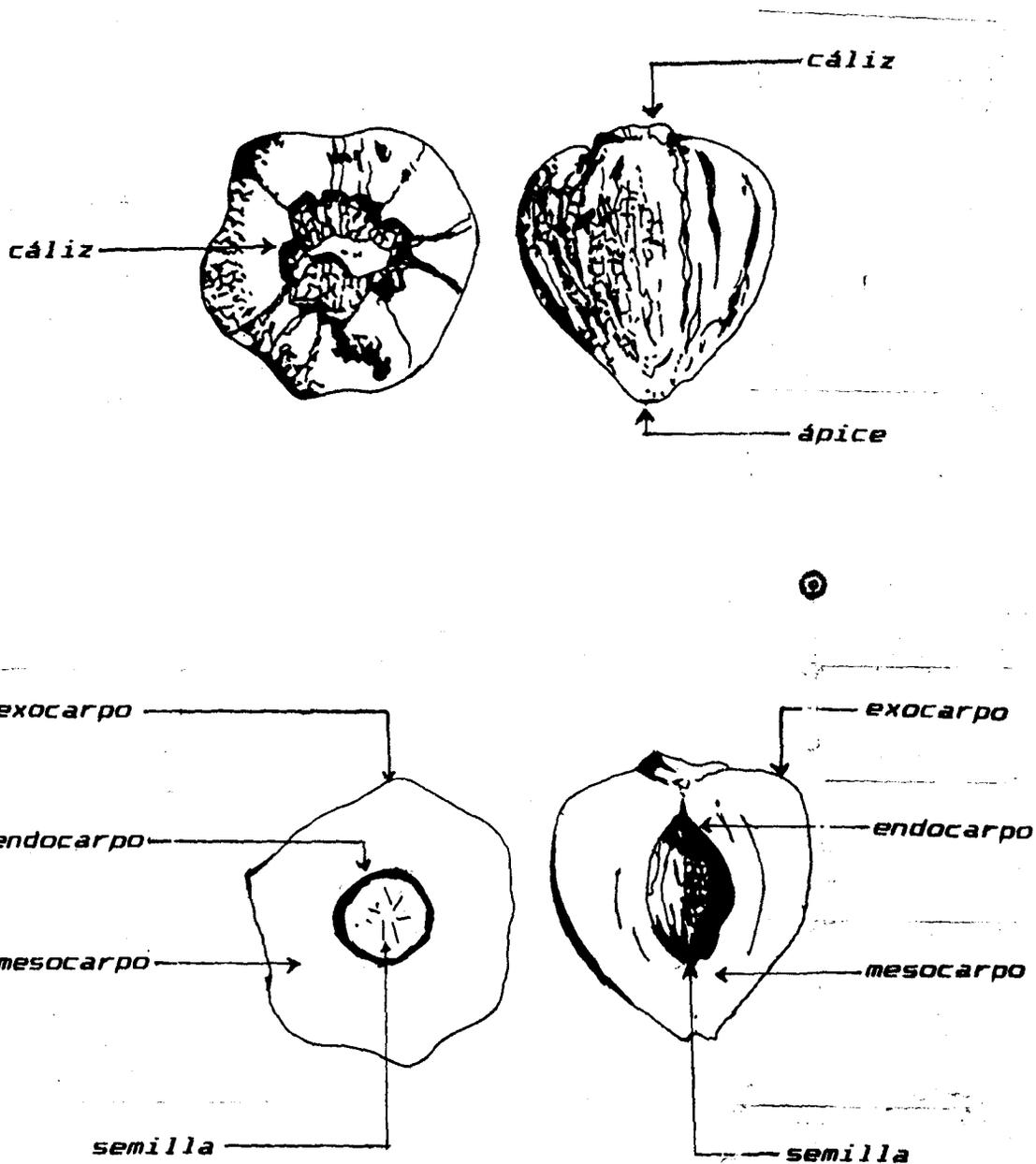
Las líneas representan el comportamiento del aporte mensual de las principales regiones.

con respecto al tiempo y dependiendo de la zona; en los lugares analizados, por ejemplo, la cosecha se presenta primero en Corredores, luego en Perez Zeledón y por último en Tucurrique.

En cuanto al fruto, este puede ser tan pequeño que apenas alcance un centímetro o llegar a medir más de 10 centímetros. Es de forma cónica, ovoide, a veces elipsoide, con 4 a 8 cm de largo y 3 a 5 cm de ancho. Hay mucho rango de variación con respecto al color, se presenta amarillo claro, anaranjado, rojo amarillento y hasta pardo; algunos frutos al madurar conservan un color verdoso. El ápice es punteado y la base aplanada, cubierta en gran parte por los elementos del cáliz. El pericarpo es delgado y en algunos frutos se adhiere con firmeza al mesocarpo que es carnoso, amiláceo y algo aceitoso, atravesado por numerosas fibras; el endocarpo es negro y de consistencia dura, con el ápice provisto de tres poros. La semilla es de forma cónica, ligeramente angular, de unos 2 centímetros de longitud y de 1.5 cm de ancho, con una ligera testa de color pardo que cubre el endosperma blanco y aceitoso (Figura N93) (Fournier, 1969; Forero, 1985; CIPRONA, 1986) .

Los frutos se producen en racimos que presentan un promedio de 96 unidades como se observa en el Cuadro N93 el

FIGURA N<sup>o</sup>3  
 ESQUEMA DEL FRUTO DE PEJIBAYE



CUADRO Nº3  
COMPOSICION EN PESO DEL RACIMO DE PEJIBAYE\*

	PESO RACIMO (Kg)	FRUTA (% DEL RACIMO)	FRUTAS POR RACIMO
Nº VARIEDADES ANALIZADAS	126	126	126
MINIMO	1.4	3.6	8
PROMEDIO	3.6	92.5	96
MAXIMO	19.0	96.8	420

\* Tomado de ARKCOLL,D. y AGUIAR,P. 1984

CUADRO Nº4  
PESO Y COMPOSICION DEL FRUTO\*  
DE PEJIBAYE.

	VARIEDADES ANALIZADAS	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
PESO DE FRUTA (g)	227	6.7	244.4	34.8
EXOCARPO (% DEL FRUTO)	227	5.2	24.7	14.2
MESOCARPO (% DEL FRUTO)	227	48.1	93.2	76.1
SEMILLA (% DEL FRUTO)	227	1.6	26.6	9.7
COQUITO (% DEL FRUTO)	227	1.1	20.1	6.1

\* Tomado de ARKCOLL,D. y AGUIAR,P. 1984

cual muestra, además, el porcentaje promedio de frutos por racimo. La pulpa, constituida por el mesocarpo y exocarpo, constituye cerca del 90 % del fruto (Cuadro N°4). De esta forma el fruto representa cerca del 83 % del peso del racimo (Arkcoll y Aguiar, 1984). Dado que la parte comestible es muy alta, se considera un producto de alto rendimiento.

La composición química del fruto es una de las áreas de investigación que más ha recibido atención pues a través del tiempo se ha mantenido el criterio de su alto valor nutricional. Existen numerosos trabajos hasta la fecha que incluyen análisis de una sola variedad, aunque otros son menos selectivos, permitiendo visualizar de una forma más objetiva el contenido de los principales componentes del pejibaye. Arkcoll y Aguiar analizaron cerca de 300 variedades del Brasil; y CIPRONA investigó parte de las introducciones existentes en los dos bancos de germoplasma de nuestro país: 191 de la colección del Banco de ASBANA-UCR-CONICIT (procedentes de Centro y Sur América) y 100 de la colección del Banco de CATIE, compuesta en su mayoría por variedades autóctonas. Los resultados de estos estudios se presentan en el Cuadro N°5.

Como se puede apreciar hay gran variabilidad en la composición. En la mayoría de los casos la humedad es

CUADRO N<sup>o</sup>5  
 CONTENIDO PORCENTUAL DE ALGUNOS COMPONENTES  
 EN LA PULPA DE PEJIBAYE  
 EN BASE SECA.

FUENTE	ARKCOLL Y AGUIAR	CIPRONA CATIE	CIPRONA ASBANA/UCR
%HUMEDAD	55.7 (25.2-82.2) <sup>1</sup> 321 <sup>2</sup>	56.67 (42.91-72.82) <sup>1</sup> 99 <sup>2</sup>	59.77 (43.9-80.5) <sup>1</sup> 176 <sup>2</sup>
%PROTEINA	6.9 (3.1-14.7) <sup>1</sup> 194 <sup>2</sup>	6.13 (3.53-10.46) <sup>1</sup> 83 <sup>2</sup>	6.90 (3.5-17.5) <sup>1</sup> 178 <sup>2</sup>
%GRASA	23.0 (2.2-61.7) <sup>1</sup> 287 <sup>2</sup>	8.27 (2.15-18.49) <sup>1</sup> 83 <sup>2</sup>	12.26 (1.6-38.0) <sup>1</sup> 178 <sup>2</sup>
%CENIZA	1.3 (0.5-1.9) <sup>1</sup> 15 <sup>2</sup>	2.09 (1.36-2.90) <sup>1</sup> 62 <sup>2</sup>	2.15 (1.0-3.2) <sup>1</sup> 122 <sup>2</sup>
%FIBRA	9.3 (5.2-13.8) <sup>1</sup> 10 <sup>2</sup>	3.57 (2.02-6.98) <sup>1</sup> 72 <sup>2</sup>	3.16 (1.5-7.5) <sup>1</sup> 175 <sup>2</sup>
%EXTRAC. LIBRE NITROGENO	59.5 (14.5-84.8) <sup>1</sup> 10 <sup>2</sup>	-----	76.47 (38.6-91.6) <sup>1</sup> 122 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Rango de los valores obtenidos

<sup>2</sup> Variedades analizadas.

bastante alta al igual que la cantidad de carbohidratos. En promedio, las variedades analizadas por Arkcoll y Aguiar producen más lípidos y mantienen igual los contenidos de proteína y humedad. Son más almidonosas las colecciones evaluadas en Costa Rica. En ambos trabajos los autores establecieron correlaciones importantes:

1- Los contenidos de lípidos y de humedad de las diferentes introducciones analizadas están inversamente relacionados.

2- Frutas con alto contenido en almidón son bajas en proteína, fibra y lípidos (CIPRONA, 1986).

Lo anterior muestra que el pejibaye presenta una amplia gama en sus características, por lo que sería injusto limitar esta valiosa palma a la explotación en un solo campo. Se pueden tomar las variedades más capaces en la producción de un determinado producto e implementar su industrialización respectiva (CIPRONA, 1986).

Muchos investigadores han pensado en la opción de desarrollar la producción de aceite de esta palma a través de fitomejoramiento de las variedades aceitosas. Sin embargo, en nuestro país no se han encontrado variedades con

contenidos superiores al 34 % lo que limita fuertemente esta posibilidad (Arkcoll y Aguiar, 1984; Forero, 1985; Calzada y Granados; CIPRONA, 1986).

El almidón del pejibaye posee características interesantes, pero la relativamente alta presencia de grasa, impide obtenerlo mediante suspensión en agua, por lo que requiere de un proceso más caro que difícilmente compite con otras fuentes almidoneras, que no lo necesitan como es el caso de la yuca (Calzada y Granados ; Gutiérrez, 1988).

Desde el punto de vista nutritivo, el pejibaye es considerado uno de los alimentos tropicales de mayor valor alimenticio, conociéndosele como un fruto esencialmente energético por su alta cantidad de carbohidratos y grasas. Además, el contenido de proteínas ejerce una contribución altamente significativa, comparándolo con otros frutos de la zona. Tiene cantidades relativamente altas de fósforo, calcio e hierro y su alta proporción de carotenos (como precursores de vitamina A) lo colocan en ventajosa posición, como un fruto promisorio en la diversificación de la escasa dieta de muchos pueblos latinoamericanos y al mismo tiempo abre la posibilidad de su colocación en los mercados extratropicales. Según la Academia Nacional de Ciencia de los Estados Unidos de América: "La fruta del pejibaye

contiene el doble contenido proteico que el banano y puede producir más carbohidratos y proteínas por hectárea que el maíz. Una hectárea de pejibaye produce alrededor de 15 millones de calorías" (Piedrahita, 1982; Aguiar, 1980; Canacho, 1969).

Para consumo animal ofrece excelentes valores de grasa, ácidos grasos esenciales y carbohidratos y es comparable a lo encontrado en el maíz a excepción de la cantidad de proteína ya que, aunque esta es de alta calidad (siete de los aminoácidos esenciales están presentes), se encuentra en menor cantidad (Zumbado y Murillo 1984).

Sin embargo, la utilización efectiva del pejibaye como fuente energética en dietas para monogástricos depende de dos factores:

1. La eliminación del factor antinutricional presente.
2. La definición de un proceso adecuado de elaboración.

1. La eliminación del factor antinutricional presente:

El pejibaye posee un factor antinutricional capaz de

producir efectos adversos cuando se consume crudo. Por ello es indispensable el eliminarlo o desactivarlo (Calzada y Granados).

Arkcoll y Aguiar (1984) mencionan que son varios los elementos que pueden estar involucrados: "un alcaloide, pupunhadina, es mencionado en una referencia temprana (Ponseca, 1927) y en Colombia son reportados altos contenidos de esteroides". Estos mismos autores encontraron, en secciones microscópicas, cristales de oxalatos.

En nuestro país el primer estudio al respecto lo realizaron en forma conjunta la Escuela de Zootecnia, CIPRONA y la Escuela de Química de la Universidad de Costa Rica. Los resultados de la investigación realizada por Murillo *et al.* (1983) revelaron la presencia de un inhibidor de enzimas termolábil, dializable, con un peso molecular aproximado de 10000, presente en el extracto acuoso de harina de pejibaye cruda. En esta misma investigación pruebas con ratones mostraron que la harina de pejibaye (utilizada como sustituto de maíz o sorgo) produjo efectos adversos en cuanto a ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. Cuando los animales fueron alimentados con harina de pejibaye previamente autoclavada no se presentaron dichas respuestas.

Estos resultados dieron origen a una serie de investigaciones, llevadas a cabo en la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica (sobre todo en aves) que han aportado y confirmado la siguiente información:

- i. Niveles superiores a un 10 % de harina de pejíbaye cruda, en las dietas, producen efectos adversos en los animales (Kroneberg, 1982; Soto, 1983).
- ii. El factor antinutricional es susceptible al calor (Kroneberg, 1982; Murillo, 1983; Soto, 1983; Cooz, 1984; Loynaz, 1985; Espinoza, 1986; Facuseh, 1986).
- iii. Para reducir el problema tóxico se han puesto en práctica varios tipos de tratamiento térmico, los cuales fueron evaluado siguiendo la respuesta en animales. De estos algunos han mostrado resultados positivos como se aprecia en el Cuadro N° 6. Se puede resaltar la eficiencia de la extrusión y el autoclavado para eliminar los efectos adversos.

Los factores antinutricionales se encuentran altamente distribuidos en la naturaleza y se pueden definir como sustancias que, al ser ingeridas, interfieren con la

## CUADRO No 6

RESULTADOS DE ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE EL  
EFECTO DE HARINAS DE PEJIBAYE ELABORADAS POR  
DIFERENTES METODOS EN  
NUTRICION ANIMAL

AUTOR	ANIMAL UTILIZADO	TRATAMIENTO	RESULTADOS EN ANIMALES <sup>2</sup>
KRONEBERG (1982)	ratones	autoclave 125°C-1hora	igual que control.
SOTO (1983)	pollas de engorde	secado sol 48 horas autoclave, 120°C 50-100% sustitución <sup>1</sup>	inferior al control. igual a control
COOZ (1984)	pollos de reemplazo etapa inicio	extrusión, 7seg 150-155°C 25-75-100% sust.	100% sust. < control 75% de sust.= control
LOYNAZ (1985)	pollos engorde inicio	extrusión 93-125-168°C 34-67-100% sust.	34% sust. > consumo alim. más de 125°C < control.
ESPINOZA (1986)	gallinas ponedoras	autoclave, 30 min 0.5 kg/cm <sup>2</sup> 30-60-90% sust.	90% sust. < control. 60% sust. mejor respuesta. coloración del huevo.
FACUSEH (1986)	pollos parrilleros	autoclave, 1 hora 100°C. 50% sust. almacenamiento 8 meses.	igual que control. igual que control.

<sup>1</sup> porcentaje en que se sustituyó el maíz por la harina de pejibaye respectiva

<sup>2</sup> En todos los casos el control es a base de maíz y soya.

asimilación de nutrientes. La forma en que actúan es muy diversa: inhiben enzimas, dañan órganos y tejidos impidiendo que estos realicen sus funciones en forma normal y capturan o modifican los nutrientes evitando su asimilación (Liener, 1980).

Varios estudios han mostrado que gran cantidad de alimentos contienen más de un factor antinutricional. Por ejemplo, la mayoría de las leguminosas contienen ácido fítico, taninos, inhibidores enzimáticos y lectinas (Liener, 1980). Al igual que en estos productos, los efectos adversos observados con el pejibaye pueden estar relacionados con más de un factor antinutricional y hasta el momento, no se ha realizado un estudio que relacione las respuestas presentadas por los animales, con pruebas químicas que identifiquen y definan el factor responsable de estos efectos.

Como ya se mencionó, se ha determinado la presencia de un inhibidor enzimático. Este tipo de sustancias se caracterizan por alterar el balance que existe en un organismo normal entre la razón de biosíntesis y degradación de una enzima (Richardson, 1977; Whitaker y Feeney, 1973).

El inhibidor encontrado mostró su efecto sobre enzimas proteolíticas. Debido a la importancia de las proteínas como nutriente, este tipo de factores antinutricionales han sido muy estudiados siendo su principal efecto el retardo en el crecimiento. Sus funciones fisiológicas no son muy claras, aunque la teoría más aceptada es la que dice que es un mecanismo de defensa del alimento contra sus depredadores. La mayoría son de origen peptídico y pueden ser alterados por el tratamiento térmico, sin embargo muchos de ellos son estables al calor (Richardson, 1977).

En soya, por ejemplo, se han encontrado dos grupos:

1. De peso molecular entre 20000 y 25000, con pocos enlaces disulfuro y especificidad directa sobre la enzima tripsina (conocido como inhibidores Kunitz).
2. De menor peso molecular (6000-10000) con alta proporción de enlaces disulfuro y que inhiben tanto la tripsina como la quimiotripsina (llamados inhibidores Birk) (Birk, 1976; Liener, 1980).

Los enlaces disulfuro que poseen estos péptidos les confiere estabilidad térmica, por lo que hay relación entre la cantidad de estos enlaces y su estabilidad (Liener, 1980).

Los inhibidores de tripsina producen hipertrofia del páncreas ya que aumentan la secreción de enzimas pancreáticas (al ser capturadas) causando depresión en el crecimiento como resultado de la pérdida endógena de aminoácidos esenciales derivada de un páncreas hiperactivo (Liener, 1979, 1980).

Se han encontrado inhibidores de tripsina en muchos alimentos, lo cual ha motivado el estudio de los diversos tratamientos térmicos necesarios para destruirlos. En general, se ha determinado que la actividad inhibidora es destruida por calor, en función de las siguientes condiciones: temperatura, tiempo de calentamiento, tamaño de partícula y humedad (Liener, 1980).

En el Cuadro N°7 se presentan algunos de estos estudios, los que demuestran que el calor húmedo y la extrusión son buenas alternativas para su destrucción, en contraposición con los resultados obtenidos con el calor seco.

## 2. La definición de un proceso adecuado de elaboración:

Una de las desventajas en el manejo del pejibaye es su alta perecibilidad. El deterioro de los frutos comienza

CUADRO N°7  
RESUMEN DE TRABAJOS REALIZADOS SOBRE  
TRATAMIENTOS PARA DISMINUIR LA ACTIVIDAD DE  
INHIBIDORES DE TRIPSINA

alimento	tratamiento	tiempo	%lim.	fuente
Soya verde fresca	ebullición	9 min.	98.0	Collins, J y Beatty, B (1980)
"Lima beans"	cocción, 115°C	15 min.	100.0	Ologhobo, A y Pataga, B.
	autoclave, 105°C	30 min.	81.4	(1982)
<u>Lathyrus sativus</u> (extracto acuoso)	ebullición (Baño)	35 min.	100.0	Roy, D y Rao, S (1971)
Soya	ebullición	20 min.	100.0	Liu, K y Merkakis, P. (1987)
	vapor	20 min.	100.0	
"Winged beans seed"	microondas 120°C	5 min.	100.0	Esaka, H; Suzuki, K y Kubota, K (1987)
Amaranta	sol. NaCl 100°C	1 hora	38.0	Koeppe, S. et al (1985)
(extracto purif. en pH 7)	sol. NaCl 100°C	3 horas	80.0	
Extractos acuosos de soya	99°C	60-70 min.	90.0	Johnson, L et al (1980)
	121°C	5-10 min.	90.0	
	Vapor vivo, 99°C	60 min.	92.4	
	pH 6.7			
	vapor vivo, 154°C	40 seg.	100.0	
	pH 6.7			
	vapor vivo, 143°C	40 seg.	100.0	
	pH 9.5			

(continúa)

CUADRO N°7  
(continuación)  
RESUMEN DE TRABAJOS REALIZADOS SOBRE  
TRATAMIENTOS PARA DISMINUIR LA ACTIVIDAD DE  
INHIBIDORES DE TRIPSINA

alimento	tratamiento	tiempo	%lin.	fuerite
"Navy beans"	121°C	5 min.	20.0	en LIENER(1980): Kakade(1965)
Extracto de harina de soya	vapor	60 min.	100.0	Borchers et al (1974a)
	autoclave 5psi	45 min.	100.0	
	autoclave 10psi	30 min.	100.0	
	autoclave 15psi	20 min.	100.0	
	autoclave 20psi	10 min.	100.0	
"Navy beans"	autoclave, 121°C	5 min.	80.0	Kakade y Evans (1965b)
"Broad beans"	Autoclave 121°C	20 min.	100.0	Marquart (1976)
	Extrusión 152°C		100.0	
	Microonda 107°C	30 min.	100.0	
<u>Arachis hypogaea</u> (maní)	Calor Seco 125°C	5 hras	90.0	Woodham(1968)
	Calor seco 140°C	2 hras	90.0	
	Calor seco 150°C	1 hr.	90.0	
	Calor húm. 100°C	15 min.	100.0	
Maní	Calor Seco 177°C	20 min.	24.0	Sitren, H; Ahmed, E y George, D (1985)
	Calor Húm. 121°C	20 min.	83.0	
Soya	Calor Seco 177°C	20 min.	39.0	
	Calor Húm. 121°C	20 min.	89.0	

entre los tres y cinco días después de la cosecha, especialmente por el ataque de hongos. Se hace necesario, entonces, un proceso que garantice un producto de una mayor vida útil. La eliminación del agua -con la consecuente producción de una harina- es la principal solución planteada para consumo animal. Pero debe definirse un proceso de elaboración adecuado.

Como menciona Clement (1982), a pesar de que la investigación en pejibaye se encuentra muy avanzada existe un gran vacío en el área de Tecnología de Alimentos, por lo que la información reunida hasta el momento no permite establecer un proceso adecuado de fabricación.

Tracy, M. (en Forero, 1985) presenta en su tesis " The pejibaye fruit: Problems and prospects for its development in Costa Rica" una alternativa de proceso, de acuerdo a ensayos realizados en Tucurrique con un secador solar. Este investigador concluye, de acuerdo al estudio económico que realizó, que la harina de pejibaye para la alimentación animal parece ser factible comparándola con maíz. Sin embargo en dicho trabajo no se contempló la eliminación del factor antinutricional.

Ricardo París (1985) en su "Reporte sobre el análisis

preliminar de factibilidad de la harina de pejibaye como sustituto del maíz en el alimento para consumo animal", para el que utilizó como base el estudio realizado por Tracy (1985), (adicionando en el proceso un extrusor para eliminar el factor antinutricional) concluye que: "En cuanto al proceso industrial se ha investigado aún menos que la parte agrícola, aunque se ha obtenido producto de calidad y se ha logrado inhibir el factor antinutricional presente en la harina, en pruebas realizadas en Tucurrique, aún no se ha diseñado claramente como debe de ser procesada la fruta, para obtener una eficiente producción y un producto de buena calidad."

### III. MATERIALES Y METODOS.

#### 3.1 MATERIA PRIMA:

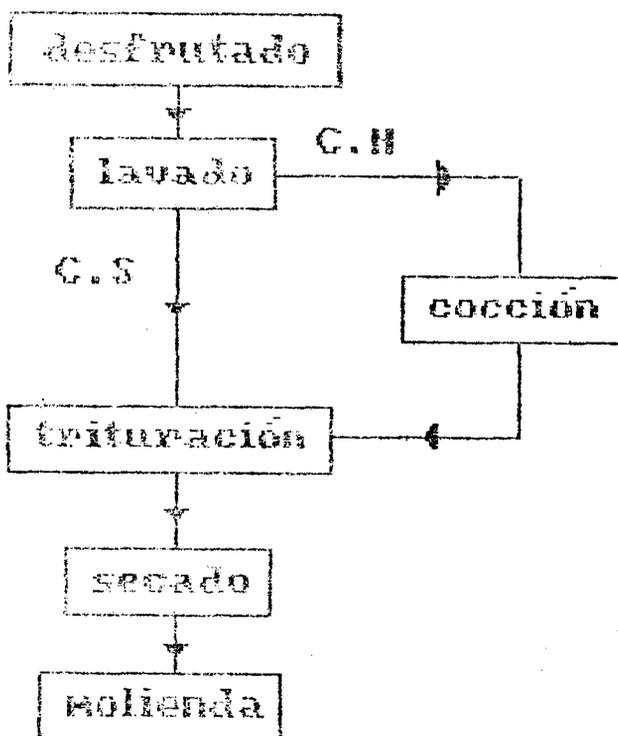
Los pejibayes utilizados en las diferentes pruebas, fueron suministrados por el Banco de Germoplasma de la Universidad de Costa Rica-ASBANA-CONICIT ubicado en La Rita de Guápiles. Se transportaron por vía terrestre y hasta su utilización estuvieron almacenados en cámaras de congelación a una temperatura promedio de  $-40^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.2 ELABORACION DE HARINAS DE PEJIBAYE PARA PRUEBA BIOLOGICA Y ANALISIS QUIMICOS:

En todos los casos se emplearon mezclas de diferentes introducciones de pejibayes y se utilizó el fruto entero (cáscara, pulpa y coquito).

Las harinas se elaboraron en la Planta Piloto del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITA), siguiendo el algoritmo que presenta la Figura N<sup>o</sup> 4. En el Cuadro N<sup>o</sup> 8 se muestran las características del equipo utilizado para cada operación.

FIGURA Nº4  
ALGORITMO DE  
PROCESOS EMPLEADOS  
EN LA FABRICACION DE LAS HARINAS  
DE PEJIBAYE



C.S. Línea de proceso para harinas elaboradas con calor seco.

C.H. Línea de proceso para harinas elaboradas con calor húmedo.

## CUADRO N°8

EQUIPO UTILIZADO EN LA ELABORACION DE LAS DIFERENTES  
HARINA DE PEJIBAYE.

OPERACION	ESPECIFICACIONES DE EQUIPO	CARACTERISTICAS
DESPISTADO	-----	MANUAL
LAVADO	-----	MANUAL
COCCION	Marmita, con chaqueta de vapor marca TRAVERSA Mod. OT14872	115° C, 5 y 15 min.
TRITURACION	Molino de carne	Sin dado al final del tornillo
SECADO	Secador con aire forzado Flujo turbulento, vel de aire 4-8 m/s Marca: National control de temperatura	Hasta llegar a 10 % de humedad
MOLIENDA	Molino de disco	
EXTRUSION	Extrusor marca Wenger * mod: X-20, cap:150 lb/hr motor 30 H.P	Con chaqueta para vapor alrededor del tornillo.

### 3.2.1 Calor seco:

El calor seco involucrado fue el proporcionado por el secador de aire forzado. Para esta opción se fabricaron harinas a 4 diferentes temperaturas: 40, 60, 80 y 100 °C.

### 3.2.2 Calor Húmedo:

Las harinas estudiadas para esta alternativa se elaboraron con pejibayes cocinados a 115°C a dos tiempos diferentes: 5 y 15 minutos. El tiempo se contó a partir del momento en que se obtuvo la temperatura fijada.

### 3.2.3 Extrusión:

Se realizaron dos ensayos:

Prueba I: Se realizó con el objetivo de definir si se podía utilizar el pejibaye fresco, para esta operación. Se empleó como materia prima pejibaye (fruto completo) fresco molido en el molino de carne.

Prueba II: Se utilizó fruto completo, molido y presecado en un secador de aire forzado hasta aproximadamente un 25% de humedad.

### 3.3 ANALISIS QUIMICOS EFECTUADOS A LAS HARINAS DE PEJIBAYE ELABORADAS:

3.3.1 Porcentaje de humedad: 100°C por 12 horas.

3.3.2 Porcentaje de proteína (N.T\*6.25) (Micro-Kjeldahl ):  
2.057 A.O.A.C.

3.3.3 Porcentaje de polifenoles totales ( Folin-Denis):  
9.110 A.O.A.C.

3.3.4 Porcentaje de almidón: Método yodimétrico-espectrofotométrico Nielsen(1943).

3.3.5 Porcentaje de fibra cruda: Se realizó en un analizador automático "Fiber System" marca Tecator. Se usó la metodología propuesta por el fabricante.

3.3.6 Porcentaje de grasa: Método Soxhlet (con hexano por 8 horas)

3.3.7 Inhibidor de Tripsina: Las muestras se secaron en estufa con aire forzado a 60°C. Se desengrasaron en frío con hexano y se procedió de acuerdo al método caseinolítico descrito por Kakade, Simons y Liener (1969). El porcentaje de inhibición se definió de la siguiente manera:

$$\% \text{ inhibición} = [1 - (A_m/A_b)] * 100$$

donde  $A_m$  = Valor de absorbancia obtenido en la muestra con harina de pejibaye.

$A_b$  = Valor de absorbancia obtenido en la muestra control sin harina de pejibaye.

### 3.4 PRUEBA BIOLÓGICA:

Este ensayo se llevo a cabo con la ayuda de personal de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, quienes se encargaron de definir los porcentajes de nutrientes de las dietas, así como del cuidado y toma de datos en los animales durante toda la prueba.

#### 3.4.1. Características de la prueba:

Un total de doscientos diez pollos de engorde, sin sexar, de un día de edad, del híbrido

comercial Hubbard fueron distribuidos en baterías criadoras de doce jaulas cada una, las cuales se localizaron en el bioterio de la Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía de la Universidad de Costa Rica.

Las jaulas de piso y paredes enrejilladas, contaron con termorreguladores durante los primeros quince días del experimento. Cada jaula fue dotada de un comedero y bebedero; de esta forma el alimento y el agua fueron suministrados ad libitum durante las cuatro semanas que comprendió el período experimental.

La prueba se diseñó de acuerdo a un modelo irrestricto al azar en bloques. Se evaluaron siete tratamientos que consistieron en una dieta control a base de maíz y soya; cuatro conteniendo las harinas de pejibaye elaboradas con calor seco a diferentes temperaturas (40, 60, 80 y 100°C) y dos con las harinas de pejibaye elaboradas mediante calor húmedo a diferentes tiempos (5 y 15 min).

Cada tratamiento se repitió cinco veces, utilizando seis pollos en cada ocasión.

Para la toma de datos en los animales se definieron tres períodos:

1. De 1 a 15 días.
2. De 16 a 28 días.
3. De 1 a 28 días.

Las variables respuesta de la prueba fueron:

a) Consumo de alimento:

El alimento que se suministró a los animales se cuantificó por peso. El consumo de alimento se determinó por diferencia entre el peso inicial del alimento puesto en el comedero y el residuo al finalizar un tiempo dado.

b) Ganancia de peso:

Se estableció por diferencia entre el peso de los pollos al inicio y el peso al final del período escogido.

c) Conversión alimenticia:

Se define como la razón de consumo de alimento/ganancia de peso a un tiempo dado. Se determinó para los tres períodos mencionados anteriormente.

d) Tamaño del páncreas:

A los 28 días se tomó un ejemplar por repetición (cinco por tratamiento) y se determinó el peso del páncreas para luego establecer una relación de acuerdo a su peso total.

e) Energía metabolizable:

Se determinó por diferencia entre la energía bruta de la dieta y la energía que quedó en el excremento. La energía se determinó con una bomba calorimétrica. Se cuantificó para el período total (1 a 28 días).

f) Análisis químico del inhibidor de tripsina en las harinas de pejibaye:

De acuerdo a sección 3.3.7.

El tratamiento de datos se hizo para un 95 % de confianza en todos los casos. Para definir diferencias significativas entre tratamientos se usó la prueba de Tukey.

Se establecieron correlaciones entre las diferentes variables respuesta.

### 3.4.2 Definición de las dietas con pejibaye:

En todos los casos la harina de pejibaye constituyó un 48.77 % de la dietas de prueba, en las cuales no se utilizó maíz. Para mantener las dietas isoproteicas e isocalóricas, con respecto al control, se empleó un nivel mayor de harinas de soya, así como de aceite vegetal, como se detalla en el Cuadro Nº 9. Las vitaminas y minerales fueron suplementados a todas las dietas para satisfacer los requerimientos para pollos de engorde en el período de iniciación.

## 3.5 PRUEBAS PARA DISEÑO DEL PROCESO:

### 3.5.1 Escogencia de la operación que elimina el factor anti-nutricional:

#### 3.5.1.1 Análisis químico de inhibidor en las diferentes partes del fruto de pejibaye:

Las pruebas se realizaron en tres introducciones diferentes y por duplicado. Se tomaron muestras de cinco pejibayes.

CUADRO No 9  
COMPOSICION PORCENTUAL DE LAS DIETAS.

INGREDIENTE	CONTROL (maíz)	EXPERIMENTAL (con H Pejibaye)
Harina de pejibaye	0.00	48.77*
Maíz Blanco	54.47	0.00
Harina de Soya(42% PC)	37.28	41.52
Harina de Pescado	3.00	3.00
Aceite de Soya	2.50	4.00
Fosfato de Calcio	1.28	1.50
Carbonato de Calcio	0.74	0.49
Metionina D.L.	0.10	0.10
Sal Yodada	0.30	0.30
Premezcla Vitaminas y minerales **	0.30	0.30
Antioxidante(B.H.T.)	0.02	0.02
<i>Composición Calculada:</i>		
<i>Proteína Cruda (%)</i>	<i>23.00</i>	<i>23.00</i>
<i>Energía Metabolizable (Kcal/kg)</i>	<i>3000.00</i>	<i>3000.00</i>
<i>Calcio (%)</i>	<i>0.90</i>	<i>0.90</i>
<i>Fósforo disponible (%)</i>	<i>0.44</i>	<i>0.45</i>
<i>Metionina (%)</i>	<i>0.46</i>	<i>0.44</i>
<i>Relación caloría/Proteína</i>	<i>130.50</i>	<i>130.50</i>

\* Igual para todas las dietas a base de harina de pejibaye.

\*\* Suplemento de vitaminas y minerales suplido por Laboratorios Dawe's de Centro América, San José, Costa Rica. Cada 2.3 kg contienen: Vit A 11.000.00 U.I.; Vit D 2.000.000 U.I.; Vit E 5.000.000 U.I.; Vit K 3.0g; Rivo flavina 4.5 g; D-Pantotenato de calcio 10.0g; Niacina 35.0g; Cloruro de colina 250.0g; Vit B 12.0mg; Ac.Fólico 750.0mg; Biotina 50mg; Manganeso 70g; Zinc 50g; Hierro 80g; Cobre 10g; Yodo 100mg; Selenio 50.0mg; Inhibidor de hongos 7.0mg

En todos los casos se separó la cáscara, la pulpa y el coquito. Las diferentes partes se secaron a 60°C para analizarlas de acuerdo a la Sección 3.3.7

### 3.5.1.2 Estudio del efecto de la temperatura, en calor seco y húmedo, sobre el factor antinutricional.

Las pruebas se realizaron en tres variedades diferentes y por duplicado. Para ello se tomaron muestras de cinco pejíbayes.

#### a) Calor seco:

Las pruebas se realizaron a tres diferentes temperaturas (100, 120 y 140 °C) en una estufa de aire forzado, con control de temperatura. A las muestras se les aplicó el tratamiento térmico por 120 min. para asegurar alcanzar menos de un 12 % de humedad.

#### b) Calor Húmedo:

Las pruebas se realizaron a tres diferentes temperaturas (60, 80 y 96 °C) mediante un baño maría con control de temperatura. En todos los casos se

adicionó a los pejibayes la misma cantidad de agua (500 mL) y el tiempo de exposición fue de 15 min a partir del momento en que el agua llegó a la temperatura deseada. Luego las muestras se secaron en una estufa con aire forzado a 60 °C , hasta alcanzar una humedad igual o inferior al 10%.

Las muestras se analizaron y prepararon de acuerdo al análisis químico de inhibidor de tripsina mencionado en la Sección 3.3.7

### 3.5.1.3 Cálculo preliminar comparativo del gasto energético de las operaciones que eliminan el factor antinutricional:

#### a) Calor húmedo:

Los estudios se llevaron a cabo en la marmita con chaqueta para vapor marca TRAVERSA del Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos. Se realizaron dos pruebas: ebullición 15 min y cocción a

115°C por 15min. El análisis consistió en calcular, de acuerdo a la masa de condensado, la energía suministrada al sistema para llevar a cabo el tratamiento térmico. En ambos casos se utilizó un racimo de pejibaye de peso similar y se adicionó la misma cantidad de agua. Se midieron las siguientes variables: tiempo de proceso, presión del vapor, temperatura del condensado, volumen de condensado (se recogió sobre una cantidad de agua a temperatura ambiente previamente medida), temperatura del agua de condensado a la hora de medir el volumen.

Con los anteriores datos se estableció la masa de condensado y de las tablas de vapor de Himmelblau (1987) se tomó el dato del calor latente de vaporización para la presión de vapor medida (se asumió que el vapor sólo cedía al producto el calor latente). Con este procedimiento se obtuvo el valor de la energía gastada en el proceso por kilogramo de producto fresco.

El volumen de condensado se recogió desde el inicio del proceso. Por lo tanto los cálculos contemplan la energía gastada en calentar la marmita y el producto hasta llegar a la temperatura deseada, así como las

pérdidas al ambiente durante los 15 minutos de operación.

b) Extrusión:

Este gasto energético se calculó de acuerdo a las especificaciones del equipo y para la eficiencia del motor se tomaron en cuenta los datos suministrados por la empresa Aguilar y Solís, la que posee un extrusor con las mismas especificaciones que el modelo empleado para realizar estos cálculos.

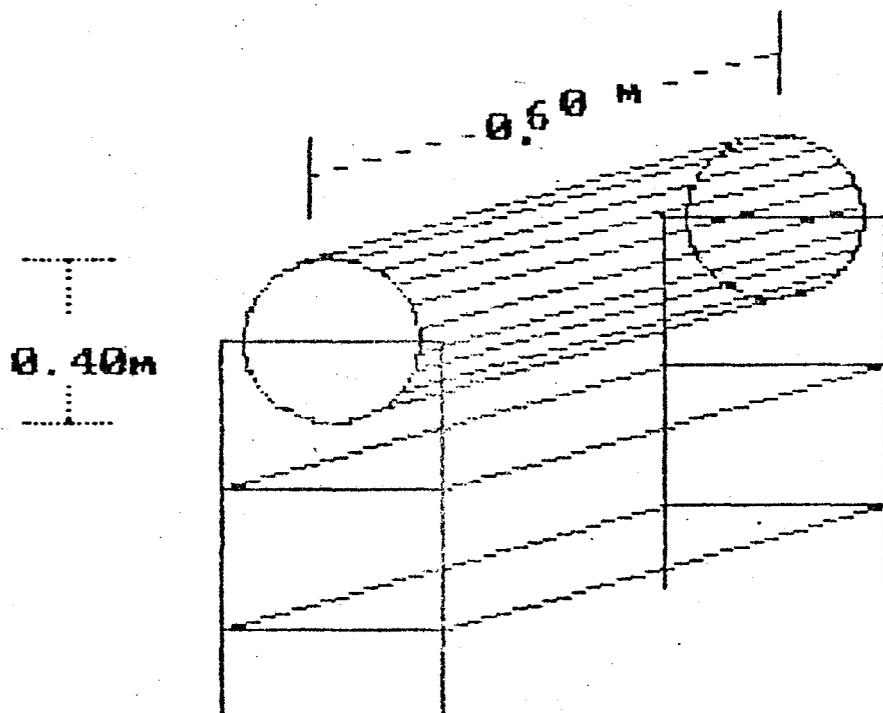
3.5.2 Análisis y descripción del resto de operaciones unitarias del proceso.

3.5.2.1 Desfrutado:

Se diseñó un equipo a pequeña escala similar al utilizado en palma africana para esta misma operación (Figura Nº 5). El tamaño del equipo se definió para que permitiera probar un racimo por vez, de acuerdo al tamaño y peso promedio estipulado en el trabajo realizado por CIPRONA (1986). La separación de las varillas se definió de acuerdo al tamaño promedio de los frutos (mencionado en la revisión de literatura).

FIGURA N°5

ESQUEMA DE EQUIPO CONSTRUIDO PARA  
LA SEPARACION DEL FRUTO DEL RAQUIS  
(DESFRUTADOR)



Los racimos de pejibaye se clasificaron en dos grupos de acuerdo a la facilidad de separar el fruto del racimo. Para ésto se tomó como fundamento la experiencia de los trabajadores de la plantación. Cada grupo, a su vez, se separó en dos, con los que se realizaron pruebas de desfrutado de racimos crudos y cocinados (25 min. a ebullición). Para definir la eficiencia de la operación se cuantificó el porcentaje de frutos desprendido.

#### **3.5.2.2 Separación del coquito:**

Para la definición del equipo a utilizar se realizaron pruebas preliminares con pejibaye crudo, en un despulpador con paletas y diferentes aberturas de malla.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 ELABORACION DE HARINAS DE PEJIBAYE PARA ANALISIS QUIMICOS Y PRUEBA BIOLOGICA:

La experiencia adquirida en la fabricación de las harinas permitió definir lo siguiente:

- La operación de desfrutado es una de las más tediosas y lentas del proceso.
- La utilización del molino de carne, sin dado, tritura el producto sin quebrar la mayor parte de la semilla. Por lo que eventualmente ésta podría separarse.
- Al ser almacenada el agua de cocción se fermenta con facilidad, lo que demuestra que el pejibaye le transfiere parte de sus componentes.
- En la primera prueba de extrusión se obtuvo resultados negativos debido al alto contenido de agua de la materia prima, demostrando que este equipo requiere que el producto inicial contenga una humedad baja. A pesar de que la literatura consultada no habla específicamente sobre este problema, en las características de procesos

de extrusión presentados por Harper (1979) la humedad del producto de entrada fluctúa entre un 25 a un 10 % y materias primas con mayor contenido de agua son presecadas. Esto demuestra que el pejibaye necesita de un presecado antes de ser extrusado.

- En la segunda prueba, en la que se utilizó pejibaye triturado y a un 25% de humedad aproximadamente, se obtuvo material adecuado sólo al inicio de la prueba (este es el producto que se utilizó para realizar los análisis químicos). Luego el tornillo se obstruyó con pedazos de coquito, impidiendo una alimentación uniforme, por lo que fue imposible levantar presión y llevar a cabo el proceso. Por lo tanto el coquito debe ser separado o triturado finamente para que no represente un problema. Esta prueba demostró además que la reducción de humedad a que se sometió la materia prima permite que el pejibaye pueda ser extrusado.

En las pruebas realizadas con harina extrusada por Cooz(1984) y Loinaz(1985) se utilizó pejibaye con un 10 % de humedad. Para llegar a esta humedad final se requiere de mayor tiempo y energía, sobre todo si se toma en cuenta que el agua que hay que eliminar en el rango de un 25 a un 10 por ciento es aquella que se encuentra más ligada, lo que hace

que la velocidad de secado sea menor.

Esto implica que la utilización de materia prima con un mayor contenido de humedad para el extrusor, como en nuestro caso, garantiza un proceso más económico y rápido.

#### 4.2 ANALISIS QUIMICOS EFECTUADOS A LAS HARINAS DE PEJIBAYE

##### ELABORADAS:

Observaciones realizadas en la preparación de las muestras para los análisis químicos permitieron comprobar que el proceso influye notablemente en la textura final de la harina. Aquellas elaboradas con calor seco presentan una consistencia más fina, como polvo, que hace pensar que el tamaño de partícula es menor. Sin embargo se realizó una prueba para cuatro de las harinas elaboradas (dos de calor seco y dos de húmedo) se comprobó que la distribución del tamaño es muy similar para ambos casos como se observa en el Cuadro Nº 1A del Apéndice A.

Se observaron además, diferencias de color entre las harinas desengrasadas: la de calor seco a 100°C y las de calor húmedo presentan una tenue coloración amarilla atribuible a la acción del tratamiento térmico sobre los

azúcares presentes, lo que dió como resultado caramelización por la reacción de Maillard (Potter, 1978). A diferencia de las otras harinas, la extrusada no pierde el color al ser extraída la grasa.

El cuadro N<sup>o</sup> 10 presenta los resultados de los análisis químicos efectuados.

Los contenidos de proteína, (entre 7.2 y 7.4%) y fibra (entre 6.83 y 7.99% ) son muy similares en todas las harinas, a excepción de la elaborada con extrusión cuyos valores son de 8.6 y 3.32 %, respectivamente.

Las harinas elaboradas por calor húmedo presentan valores considerablemente más bajos en los contenidos de almidón y grasa ya que estos compuestos son extraídos por el agua caliente, lo que explica el que ésta se fermenta con facilidad, como ya se había mencionado. Si se parte del hecho de que la harina de pejibaye se desea emplear como fuente energética, este efecto es significativo ya que en el agua de cocción se está perdiendo parte importante de estos nutrientes. Las otras harinas presentan valores entre 75 y 60 % de almidón, que son el doble o el triple del presentado por las primeras (20-30% de almidón).

CUADRO N°10  
 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS REALIZADOS  
 A LAS HARINAS DE FEJIBAYE.

	C.S 40°C	C.S 60°C	C.S 80°C	C.S 100°C	C.H 5min	C.H 15min	EXT.
% HUMEDAD (±0.01)	8.99	8.55	8.28	8.55	8.07	8.43	9.01
% GRASA* (±0.01)	13.54	8.88	11.80	12.32	10.54	9.52	4.65
% PROTEÍNA* (±0.2)	7.3	7.4	7.4	7.4	7.3	7.2	8.6
% FIBRA* (±0.01)	6.83	7.09	7.16	6.59	7.99	7.85	3.32
% ALMIDÓN* (±0.1)	65.1	40.4	61.0	59.7	30.5	20.4	74.6
% INHIBICION	38.36	97.31	79.67	69.82	0.00	0.00	6.77

C.S = Calor seco

C.H = Calor húmedo

EXT.= Extrusión

\* Resultados expresados en base seca.

Es importante recalcar el valor obtenido para estos rubros para la harina extrusada, la que presenta el mayor contenido de almidón y el menor de grasa. Al respecto se puede concluir lo siguiente: durante el proceso de extrusión los almidones sufren modificaciones importantes, lo más usual es la gelatinización o ruptura de los gránulos, pero en algunos casos por las condiciones del proceso se pueden producir modificaciones a nivel estructural; se forman polisacáridos más pequeños o incluso uniones con otros compuestos. Según Mercier (1980) la difracción con rayos X ha mostrado la reorganización simultánea de las macromoléculas gelatinizadas incluyendo la aparición de una fracción cristalina. Este cambio sólo fue detectado en almidones que contenían amilosa y lípidos. La habilidad de la amilosa de formar complejos cristalinos con un gran número de compuestos orgánicos, es frecuentemente usada para producir amilosa a partir de amilopectina.

Para el presente trabajo no se realizaron pruebas que permitan definir el grado de modificación del almidón de pejibaye durante el proceso de extrusión empleado, pero es importante hacer notar que se trabajó en condiciones propicias para que se formara un complejo como el citado. Este complejo presentaría interferencia en las determinaciones de almidón y grasa, de acuerdo a los métodos

empleados. La determinación de almidón se basa en la propiedad de estos compuestos de formar un complejo de color azul con el yodo, la formación del cual depende en gran medida de las características del almidón utilizado, sobre todo de la cantidad de amilosa presente. Por lo tanto el mayor valor obtenido para la harina extrusada puede estar afectado por la modificación sufrida por el almidón.

Con respecto a la grasa, para esta harina se reporta una disminución notable. Como ya se apuntó, durante la realización del análisis se notó que después de desengrasada persistía en la muestra la coloración anaranjada, propia de la presencia de los  $\beta$ -carotenos. Este comportamiento no es normal, ya que estos compuestos son extraídos por el hexano y la harina desengrasada queda de color blanco. Con la formación del complejo amilosa-lípido parte de la grasa quedaría atrapada lo que evitaría que el solvente la pudiera extraer de la muestra.

La harina de C.S-60°C presenta valores bajos de grasa y almidón, a pesar de que fue tratada de igual manera que el resto de las harinas elaboradas por calor seco, así que la variación podría ser atribuible a la materia prima utilizada.

Los valores de inhibidor de tripsina son muy diferentes

en las harinas estudiadas. Las preparadas con calor seco presentan altos valores de inhibición, por lo tanto este proceso a esas temperaturas es ineficiente para eliminar el factor antinutricional. En contraposición a este proceso, el calor húmedo elimina totalmente la actividad inhibitoria y la prueba de extrusión efectuada lo redujo a un 6%.

A pesar de que para la elaboración de las dietas se partió del hecho de que la constitución química era muy similar, los resultados anteriores muestran que no es así. Por lo tanto las diferencias en las respuestas de los animales se van a deber a una combinación del efecto del factor antinutricional aunado a diferencias de composición de las harinas empleadas en las dietas. Desafortunadamente los problemas que se tuvieron en la elaboración de la harina extrusada impidieron el contar con cantidades suficientes para incluirla en la prueba biológica.

#### 4.3 PRUEBA BIOLÓGICA:

Esta se realizó con el objetivo de:

- 1) Definir la relación existente entre el análisis químico de

inhibidor de tripsina en las harinas y las respuestas biológicas de los animales al ingerir dietas que contenían esas harinas.

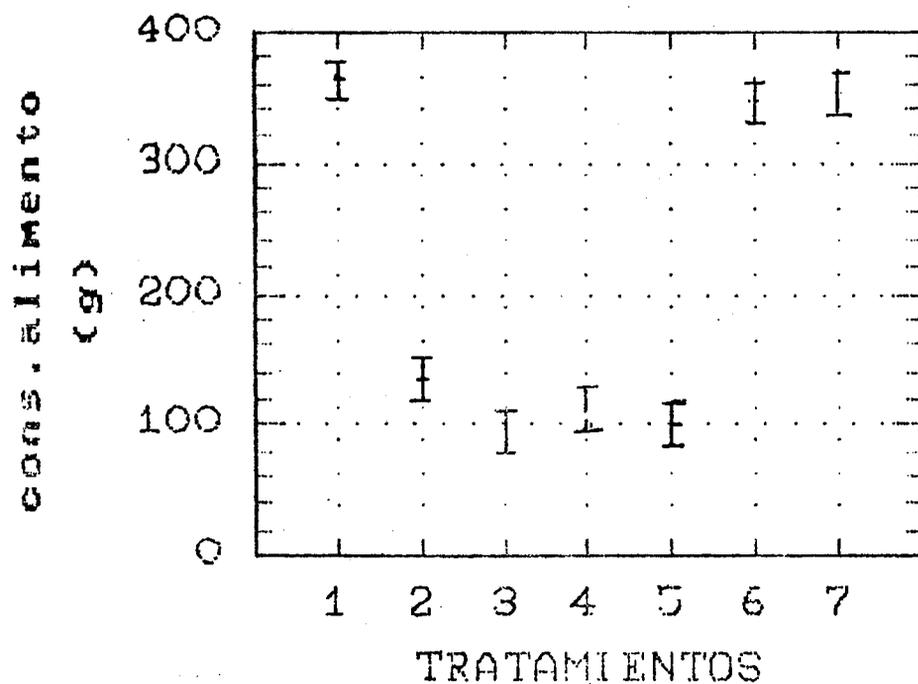
- 2) Establecer si el calor seco, a las temperaturas empleadas en la fabricación de las harinas inactiva el factor antinutricional.
- 3) Definir para el calor húmedo, si tiempos menores a los empleados por los investigadores anteriores inactivan el factor antinutricional.

Para representar los resultados obtenidos se eligió una forma gráfica que permite observar con mayor claridad las diferencias significativas entre los tratamientos.

En la figuras Nº 6,7 y 8 se presenta los resultados del análisis estadístico de la variable consumo de alimento en los períodos definidos. Se puede apreciar como en los tres casos el comportamiento es muy similar. No hay diferencias significativas entre el control y los tratamientos de calor húmedo, mientras que respuestas significativamente inferiores se presentan en los tratamientos con harinas de calor seco, acentuándose en el tratamiento con harina C.S-60°C. Valores tan bajos para consumo de alimento como los observados en

FIGURA N°6

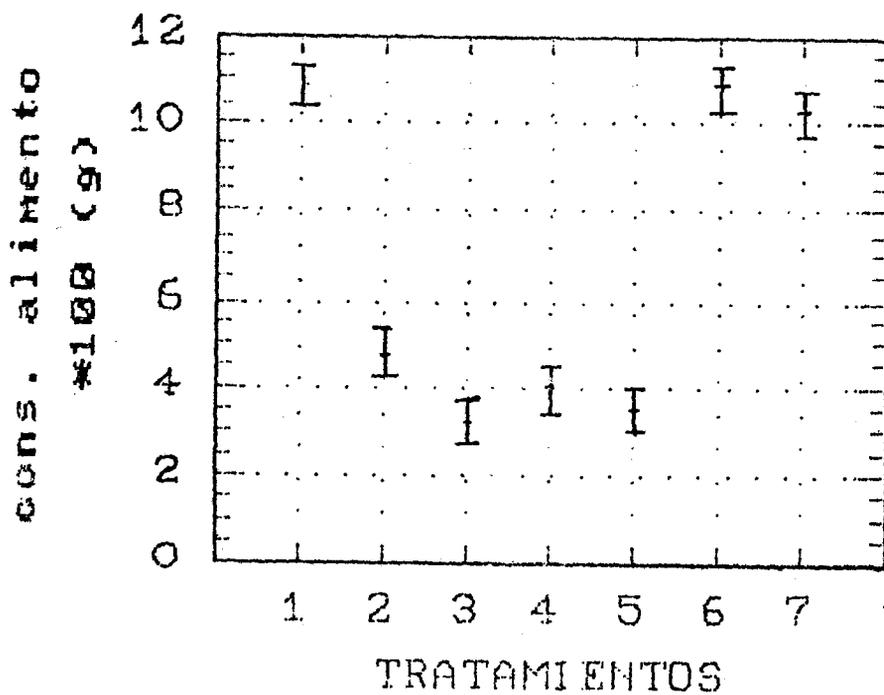
REPRESENTACION GRAFICA  
 DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
 PARA LA VARIABLE  
 CONSUMO DE ALIMENTO (1-15 DIAS)  
 DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

FIGURA N°7

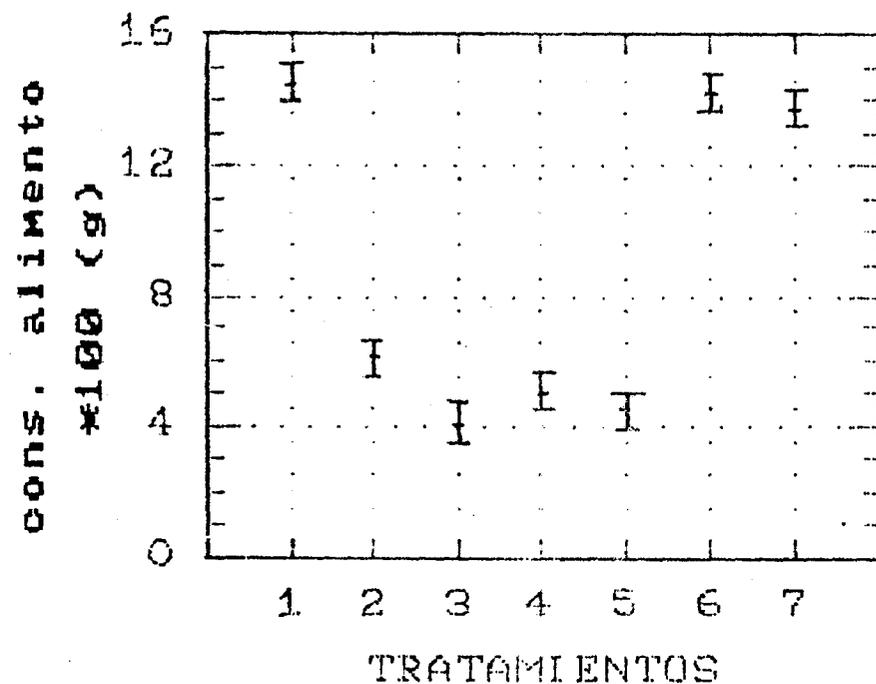
REPRESENTACION GRAFICA  
 DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
 PARA LA VARIABLE  
 CONSUMO DE ALIMENTO (16-28 DIAS)  
 DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

FIGURA Nº8

REPRESENTACION GRAFICA  
 DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
 PARA LA VARIABLE  
 CONSUMO DE ALIMENTO (1-28 DIAS)  
 DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

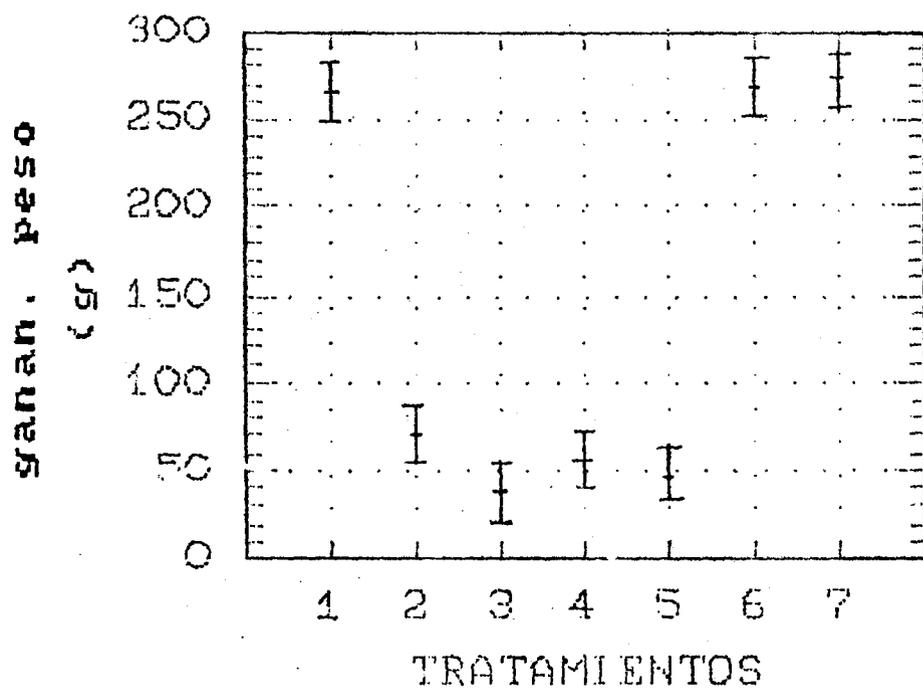
los animales a los que se les dió dietas con harinas tratadas con calor seco, aunado a las diferencias organolépticas que se observaron entre estas harinas y las elaboradas con calor húmedo, permiten pensar en la posibilidad de que el producto presente problemas de palatabilidad que hagan que a los animales "no les guste" y por eso no lo consuman.

Un comportamiento similar se presenta en las respuestas de la variable ganancia de peso, como lo muestran las figuras N<sup>o</sup> 9, 10 y 11. Esto permite reafirmar la diferencia altamente significativa entre los pollos que consumieron la dieta control -o las que contenían harina elaborada por calor húmedo- y los que consumieron dietas que contenían harinas preparadas con calor seco.

Los datos de conversión alimenticia son muy importantes porque evalúan la eficiencia de la dieta, es decir, se cuantifica que cantidad del alimento que se ingiere es asimilado por el organismo. Las figuras N<sup>o</sup> 12, 13 y 14 presentan los resultados de esta variable. De acuerdo a la Hubbard Broiler en su Guía de 1985-1986 para este tipo de pollos, los valores reportados de conversión alimenticia son de 1.20 para el período de 1 a 15 días y de 1.51 para el período de 1-28 días. Los datos obtenidos con los pollos alimentados con la dieta control (1.37 y 1.56 respectivamente)

FIGURA N°9

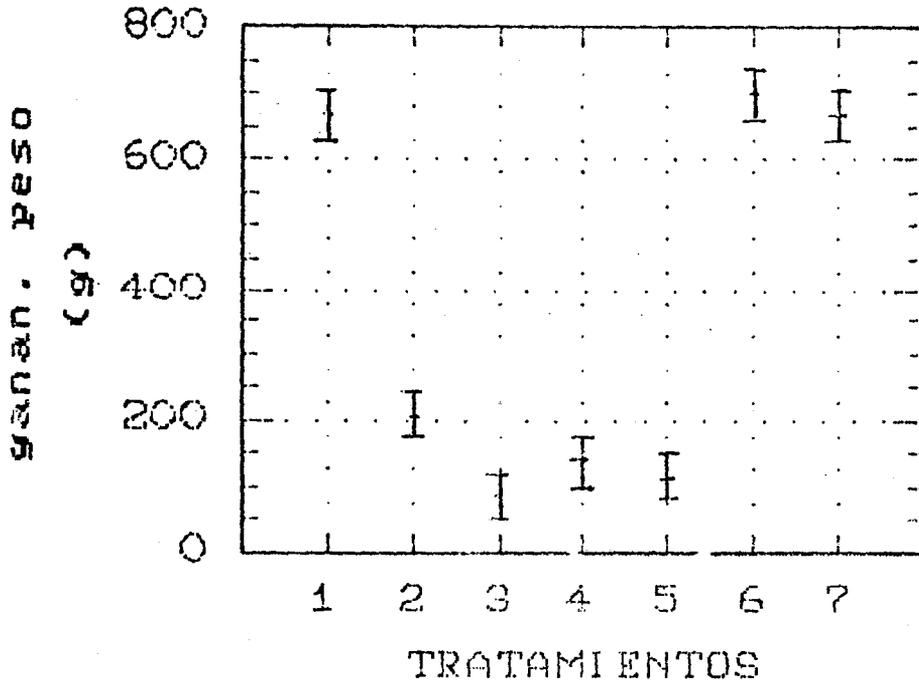
REPRESENTACION GRAFICA  
DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
PARA LA VARIABLE  
GANANCIA DE PESO (1-15 DIAS)  
DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

FIGURA N°10

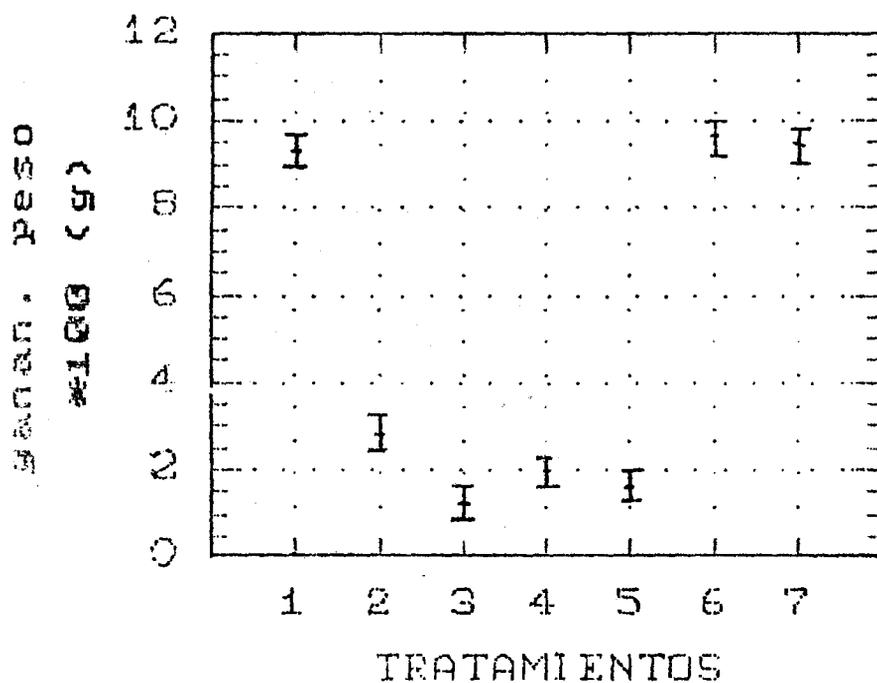
REPRESENTACION GRAFICA  
 DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
 PARA LA VARIABLE  
 GANANCIA DE PESO (16-28)  
 DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

FIGURA N°11

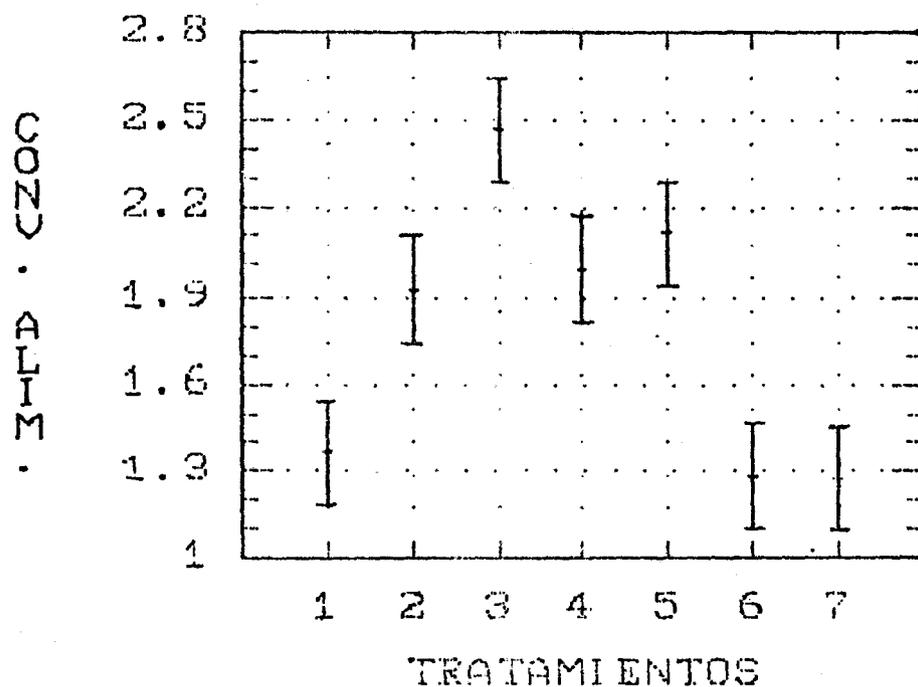
REPRESENTACION GRAFICA  
DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
PARA LA VARIABLE  
GANANCIA DE PESO (1-28 DIAS)  
DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

FIGURA N°12

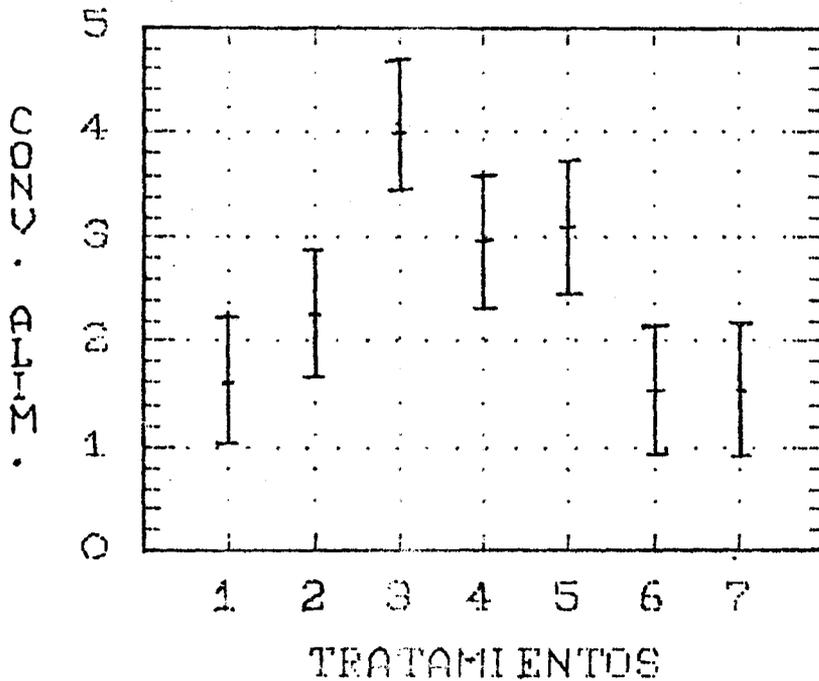
REPRESENTACION GRAFICA  
 DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
 PARA LA VARIABLE  
 CONVERSION ALIMENTICIA (1-15 DIAS)  
 DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL  
 2= C.S-40° C  
 3= C.S-60° C  
 4= C.S-80° C  
 5= C.S-100° C  
 6= C.H-5 min.  
 7= C.H-15 min.

FIGURA N°13

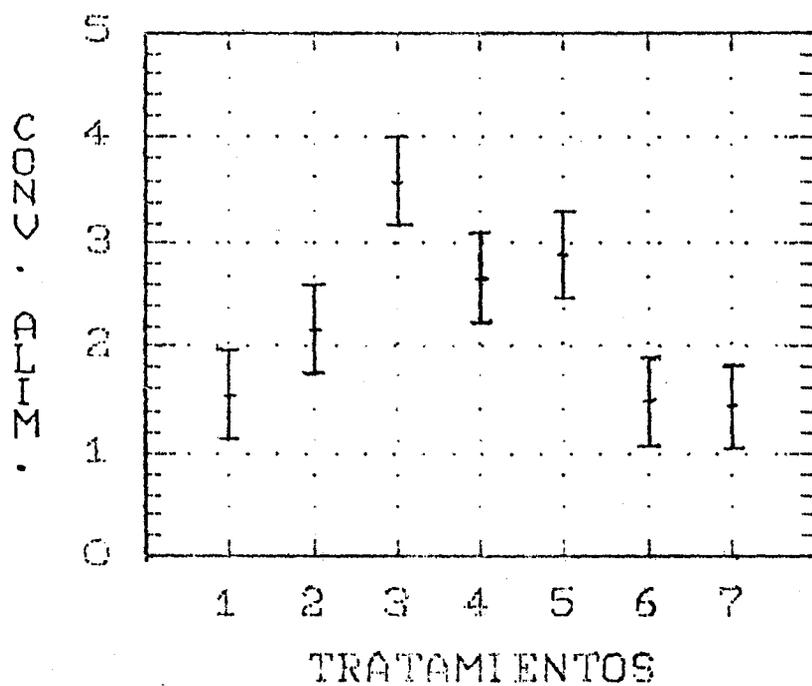
REPRESENTACION GRAFICA  
 DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
 PARA LA VARIABLE  
 CONVERSION ALIMENTICIA (16-28 DIAS)  
 DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

FIGURA Nº14

REPRESENTACION GRAFICA  
 DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
 PARA LA VARIABLE  
 CONVERSION ALIMENTICIA (1-28 DIAS)  
 DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

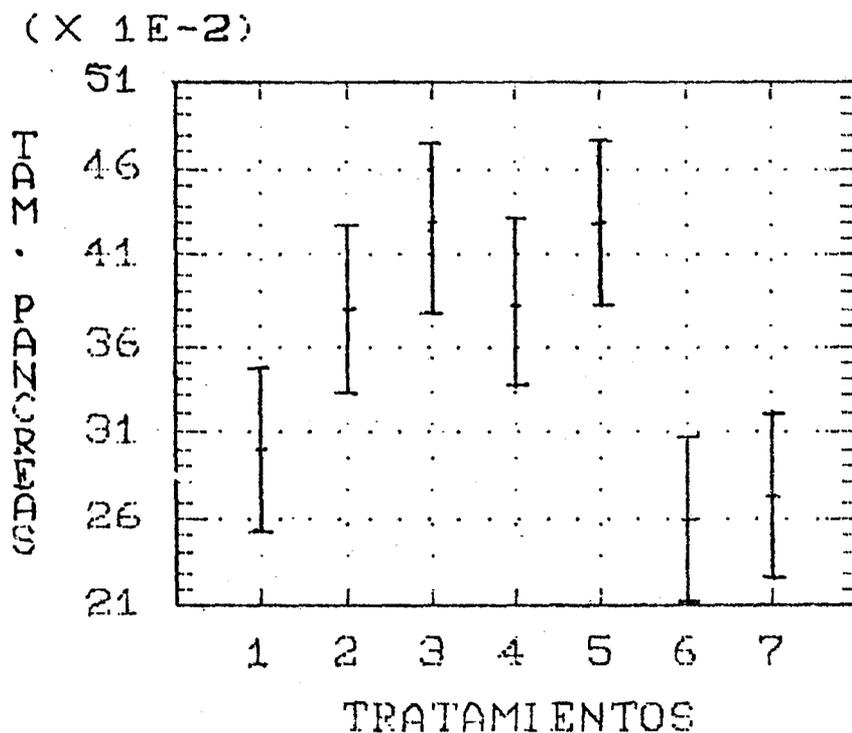
y con los tratamientos con harinas de calor húmedo (1.29 y 1.27 para el primer período; 1.44 y 1.48 para el período total) son muy similares a estos . Es decir, se presenta el comportamiento normal de una dieta bien confeccionada. En cambio, los valores para los tratamientos con harinas preparadas con aire forzado (entre 1.92 y 2.47 para el período de 1 a 15 días, y de 2.18 a 3.59 para el período de 1 a 28 días) muestran el efecto negativo producido por estas.

Estos valores altos de conversión alimenticia demuestran que el problema de consumo de alimento no se debe a efectos de palatabilidad ya que, si este fuera el inconveniente no afectaría la eficiencia de la dieta. Más bien el comportamiento observado en la prueba es el cuadro típico de respuesta de los pollos ante un alimento que interfiere y daña su sistema digestivo (Zumbado, 1988).

La figura NQ 15 presenta comparativamente el tamaño del páncreas de los pollos para cada tratamiento. Se observan valores *significativamente diferentes para los tratamientos* con calor húmedo y calor seco, siendo estos últimos mayores. Este efecto se puede deber a la presencia de inhibidores de tripsina en las dietas, pues, como menciona Liener (1980), estos compuestos producen un agrandamiento del páncreas por una producción excesiva de enzimas.

FIGURA N°15

REPRESENTACION GRAFICA  
DE LAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS  
PARA LA VARIABLE  
TAMAÑO DEL PANCREAS  
DE ACUERDO A PRUEBA DE TUKEY-95% CONFIANZA



- 1= CONTROL
- 2= C.S-40° C
- 3= C.S-60° C
- 4= C.S-80° C
- 5= C.S-100° C
- 6= C.H-5 min.
- 7= C.H-15 min.

El cuadro N°11 presenta los datos de la energía metabolizable. Esta variable representa la cantidad de energía que fue metabolizada por el cuerpo y se establece por diferencia entre la energía suministrada al inicio y la que queda en el excremento (Zumbado,1988). A pesar de que las dietas con harina de pejibaye tratada con calor húmedo contenían menores cantidades de grasa y almidón la respuesta en los animales fue muy buena y similar al control, por lo que podría existir un efecto importante: el tratamiento

CUADRO N° 11

VALORES DE ENERGIA METABOLIZABLE  
EN LAS DIFERENTES HARINAS DE PEJIBAYE UTILIZADAS

HARINA	ENERGIA METABOLIZABLE (kcal/kg)
C.S-40°C	3185
C.S-60°C	2534
C.S-80°C	3036
C.S-100°C	2854
C.H 5 min.	3147
C.H 15 min.	3100
CONTROL	3229

térmico aplicado a estas harinas mediante la cocción a 115°C mejoró la "digestibilidad" de la energía. En otras palabras, el efecto negativo producido por una menor cantidad de energía inicial es compensado por una utilización más eficiente de la que quedó.

El valor de energía metabolizable para la dieta con harina C.S-60°C es muy bajo, lo que refuerza el hecho de que este tratamiento presente las respuestas más negativas para todas las variables estudiadas.

El cuadro NQ12 presenta las correlaciones entre las diferentes variables. En primer lugar las altas correlaciones entre una misma variable de diferentes períodos demuestra que el efecto es el mismo conforme crece el animal y que no existe una tendencia a adaptarse o sobreponerse al efecto negativo que le produce el alimento.

Las correlaciones entre las variables consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y tamaño del páncreas del período total con el inhibidor de tripsina son, respectivamente, de 0.9362, 0.9355, 0.9756 y 0.9249. Como se puede apreciar el factor de correlación es muy alto, lo que permite asegurar que este factor antinutricional es el principal responsable de los efectos presentados en los

CUADRO N<sup>o</sup> 12  
 CORRELACION EXISTENTE ENTRE LAS  
 DIFERENTES VARIABLES DE LA PRUEBA BIOLÓGICA

INTERACCION	FACTOR DE CORRELACION (r)
Consumo de alimento 1-15 vs 16-28	0.998
Conversión alimenticia 1-15 vs 16-28	0.9060
Ganancia de peso 1-15 vs 16-28	0.9775
Cons.Alim.* vs inhibidor	0.9362
Gananc.Peso* vs inhibidor	0.9354
Conv.Alia.* vs inhibidor	0.9758
Tamaño Páncreas vs inhibidor	0.9249

\* Para establecer las correlación con inhibidor de tripsina se utilizaron las respuestas del período total (1-28 días).

animales. Este resultado es de suma importancia porque define el tipo de factor antinutricional presente y permite, para las pruebas posteriores de escogencia de operaciones de proceso, la utilización del análisis químico para garantizar la efectividad de inactivación.

Contrario a los resultados aquí reportadas, en los estudios realizados por Soto (1983), Espinoza (1986) y Façuseh (1986) para harinas tratadas con autoclave por 30 o 60 minutos, la sustitución total presentó respuestas inferiores al control y los mejores resultados se obtuvieron con porcentajes menores al 100%. Es muy probable que estos comportamientos se produjeran por la pérdida de valor alimenticio propiciada por el exceso de tratamiento térmico a que se sometió la harina de pejibaye en esos experimentos.

Por lo tanto los resultados obtenidos ofrecen la opción de un proceso más económico y nutritivo. La similitud de respuesta entre el control y los tratamientos con harinas de calor húmedo, permiten asegurar que 5 minutos de cocción a 115°C son suficientes para inactivar el factor antinutricional.

De igual forma que se reporta en la literatura (Altschull, 1958; Liener, 1980) nuestro trabajo comprobó que

el calor seco a las temperaturas empleadas es ineficiente para inactivar el inhibidor de tripsina.

#### 4.4 PRUEBAS PARA EL DISEÑO DEL PROCESO:

##### 4.4.1 Escogencia de la operación que elimine el factor antinutricional:

###### 4.4.1.1 Análisis químico de inhibidor en las diferentes partes del fruto:

Esta prueba se realizó con el objetivo de definir si existe la posibilidad de eliminar el problema del factor antinutricional por separación de la parte del fruto que lo tuviese en mayor proporción.

El cuadro N<sup>o</sup> 13 presenta los resultados del análisis, el cual demostró que el inhibidor se encuentra presente en todo el fruto. Los porcentajes de inhibición varían en las diferentes partes, los valores más altos se encontraron en la pulpa, en orden decreciente siguen los de la cáscara y los del coquito.

Por lo tanto no es factible eliminar el inhibidor por separación ya que la pulpa (que constituye en promedio el 76%

del fruto) es la que lo posee en mayor proporción.

CUADRO N<sup>o</sup> 13  
PORCENTAJE DE INHIBICION (INHIBIDOR DE TRIPSINA)  
EN LAS DIFERENTES PARTES DEL FRUTO DE PEJIBAYE.

PARTE	INTROD. 1 (% inhib)	INTROD. 2 (% inhib)	INTROD. 3 (% inhib)	PROMEDIO
COQUITO	48.88	40.35	56.34	48.52
CASCARA	86.64	75.96	82.28	84.96
PULPA	95.70	92.26	97.15	95.04

#### 4.4.1.2 Estudio del efecto de la temperatura, en calor seco y húmedo, sobre el factor antinutricional:

Estas pruebas se hicieron con el objetivo de definir si temperaturas menores a la proporcionada por la marmita en calor húmedo (115°C) y superiores a los 100°C en calor seco podrían desactivar el factor antinutricional.

Los resultados se pueden observar en el cuadro N<sup>o</sup> 14 y muestran que en calor húmedo, no hay actividad inhibitoria en las muestras que se trataron 15 minutos con ebullición, es

CUADRO N<sup>o</sup> 14

PORCENTAJE DE INHIBICION (INHIBIDOR DE TRIPSINA)  
 EN MUESTRAS DEL ESTUDIO DEL EFECTO  
 DEL CALOR SECO Y CALOR HUMEDO  
 SOBRE EL FACTOR ANTINUTRICIONAL  
 EN PEJIBAYE.

TRATAMIENTO	INTROD. 1 (% inhib)	INTROD. 2 (% inhib)	INTROD. 3 (% inhib)	PROMEDIO
C.S <sup>1</sup> -100°C	92.04	89.36	99.52	93.64
C.S-120°C	37.74	83.68	96.54	72.64
C.S-140°C	38.41	77.94	88.86	67.74
C.H <sup>2</sup> -60°C	91.22	90.57	98.18	93.32
C.H-80°C	62.00	80.28	96.67	68.31
C.H-EBULLICION	0.00	0.00	0.00	0.00

<sup>1</sup> C.S = Calor seco

<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo

decir, este tratamiento térmico es suficiente para desactivar el inhibidor de tripsina.

Los valores para calor seco demuestran que aún a estas temperaturas (100, 120 y 140 °C), donde ya se empieza a quemar la muestra, no se inactiva el inhibidor de tripsina, por lo que se desecha cualquier posibilidad de utilizar esta operación con este propósito.

De acuerdo a los resultados anteriores se identificaron claramente tres operaciones para eliminar el factor antinutricional:

1. Ebullición 15 minutos.
2. Cocción a 115°C por 5 minutos.
3. Extrusión.

En la escogencia de la mejor operación deben tomarse en consideración, principalmente dos parámetros:

1. El costo económico involucrado.
2. La calidad nutricional del producto que resulta de cada proceso.

#### 4.4.1.3 Cálculo preliminar comparativo del gasto energético de las operaciones que eliminan el factor antinutricional:

Para definir el costo económico de cada una de las operaciones escogidas se decidió hacer un estudio preliminar del gasto energético involucrado en cada una de ellas y compararlos. Este estudio se realizó con pruebas a nivel piloto y, a pesar de que los datos no pueden extrapolarse a nivel industrial, permiten evaluar de manera general su comportamiento.

En el cuadro N<sup>o</sup> 15 se presentan los resultados de los cálculos finales (el detalle de los cálculos se presenta en el apéndice C). La extrusión es la operación con un menor costo energético, lo que la hace perfilarse como la mejor opción desde el punto de vista económico.

En las operaciones de calor húmedo se gasta una alta proporción de la energía calentando el agua dentro de la cual se lleva a cabo el proceso, la que se encuentra en alta cantidad. En el caso de la ebullición donde el sistema no se encuentra cerrado totalmente, se incrementa el gasto por la energía cedida al medio ambiente y al agua que se evapora.

CUADRO N<sup>o</sup> 15GASTO ENERGETICO DE LAS OPERACIONES  
ESCOGIDAS PARA ELIMINAR EL FACTOR ANTINUTRICIONAL

OPERACION	GASTO ENERGETICO (kW-h/kg prod.)
Ebullición 15 minutos	0.7943
Marmita 115°C- 5 min.	0.5746
Extrusión	0.0896

Además es importante recordar que para la extrusión se puede emplear pejibaye con un 25% de humedad. En el caso de ebullición o marmita el producto después de cocinado debe ser llevado a un 10 % de humedad, lo que incrementa aún más el gasto energético.

De acuerdo a Harper (1979) y Eldash (1979) un proceso de extrusión llevado a cabo de manera adecuada garantiza un producto sin inhibidor de tripsina y de mayor digestibilidad. Sin embargo para iniciar una empresa con este tipo de equipo y para un producto nuevo deben considerarse algunos aspectos:

- La adquisición del equipo involucra un alto costo inicial, el que se incrementa por el hecho de que este

tipo de maquinaria no se fabrica en el país.

- El hecho de ser un equipo importado, del que se conoce poco en el país, podría exigir dependencia para repuestos y mantenimiento de la casa que lo fabrica.
- Debe realizarse un estudio detallado sobre las variables de proceso (tiempo de residencia, temperatura, humedad inicial) que garanticen un producto final adecuado y uniforme.

Es decir esta alternativa requiere de un mayor gasto inicial, de investigación y capacitación, para poder optimizar su operación. A pesar de ello la diferencia en gasto energético con las otras opciones es tan alta que este mayor gasto inicial se recupera en muy poco tiempo de funcionamiento.

#### 4.4.2. Análisis y descripción de las otras operaciones unitarias de proceso:

En la definición de las operaciones unitarias restantes se empezó por identificar aquellas que involucraran un aporte energético o de mano de obra importante.

De acuerdo a la experiencia adquirida en la elaboración de las harinas para la prueba biológica se identificaron tres operaciones:

1) Desfrutado: Normalmente se hace manual, pero requiere de un alto consumo de mano de obra. Este se ve agravado por la presencia de espinas, insectos y otros animales (como alacranes) que representan un peligro potencial para los trabajadores. En una producción a gran escala ésta operación sería uno de los cuellos de botella.

2) Separación del coquito: Esta operación tendría un carácter opcional. Su ejecución se justifica por dos razones:

- Actualmente existe un buen mercado de la semilla para almácigo de palmito. Esta y otras opciones de utilización del coquito permitirían una ventaja económica extra, ya que le daría a esta parte del fruto un valor más alto que el que podría tener como componente de la harina.

- La prueba de extrusión realizada con pejibaye a un

25% de humedad demostró que la presencia del coquito juega un papel importante en el funcionamiento continuo y estable del extrusor, el cual requiere una materia prima uniforme.

- 3) Secado: Se considera que esta es una de las operaciones más críticas del proceso y la que puede definir la rentabilidad del producto, ya que es la que requiere la mayor inversión energética. Según Sionneau (1988) en la mayoría de los procesos en que el secado está involucrado, el costo de esta operación representa aproximadamente el 60% del total de producción

#### 4.4.2.1 Desfrutado:

Para definir una opción mecanizada para esta operación del proceso se visitó una de las plantas procesadoras de palma africana de la Compañía Bananera-División Palma en Quepos. Los frutos de la palma africana se producen en racimo, al igual que el pejibaye, y el proceso para la extracción de su aceite incluye una operación mecánica para la separación del fruto. La idea consistió en observar el mecanismo empleado y decidir si este se podría adaptar para el pejibaye.

El fruto de la palma africana en racimo es sometido a tratamiento térmico en autoclave donde el calor, entre otras cosas, produce la "hidrólisis" del cáliz (lo que facilita la separación). Luego los racimos son colocados dentro de un separador cilíndrico, que al girar produce el desprendimiento de los frutos.

Con la idea de adaptar este separador se fabricó el "desfrutador" descrito en la sección de materiales y métodos. El cuadro N<sup>o</sup> 16 presenta los resultados de las pruebas realizadas con este equipo. Como se puede observar, los mejores resultados se obtuvieron para los racimos cocinados, lo que demuestra que el calor empleado "hidroliza", en parte, el cáliz, como en la palma africana, y facilita la separación. Es muy probable que un tratamiento térmico más severo produzca la "hidrólisis" total por lo que la separación sería casi inmediata. Este hecho se observó en el racimo que se empleó para determinar el gasto energético de la cocción a 115°C por 15 minutos.

De acuerdo a lo observado el desprendimiento de los frutos en el "desfrutador" se produce principalmente cuando estos son retenidos en alguna de las varillas y, al girar, la fuerza producida por la masa del racimo que queda

CUADRO N<sup>o</sup> 16  
 PORCENTAJE DE FRUTOS DESPRENDIDOS EN  
 PRUEBA DE DESFRUTADO

N <sup>o</sup> RACIMO	CLASIFICACION <sup>1</sup>	% Desp. crudos	% Desp. cocinados
13-1	D	7.0	82.2
4-1	D	53.1	----
5-1	S	18.9	----
20-9	S	47.7	95.4
23-4	D	----	91.9
19-2	D	----	96.3
21-3	S	----	94.1
PROMEDIO		31.7	92.1

<sup>1</sup> Los racimos de pejibaye se clasificaron en dos grupos (suaves(S) y duros(D)) de acuerdo a la facilidad de separar el fruto del racimo, para lo que se tomó como fundamento la experiencia de los trabajadores de la plantación .

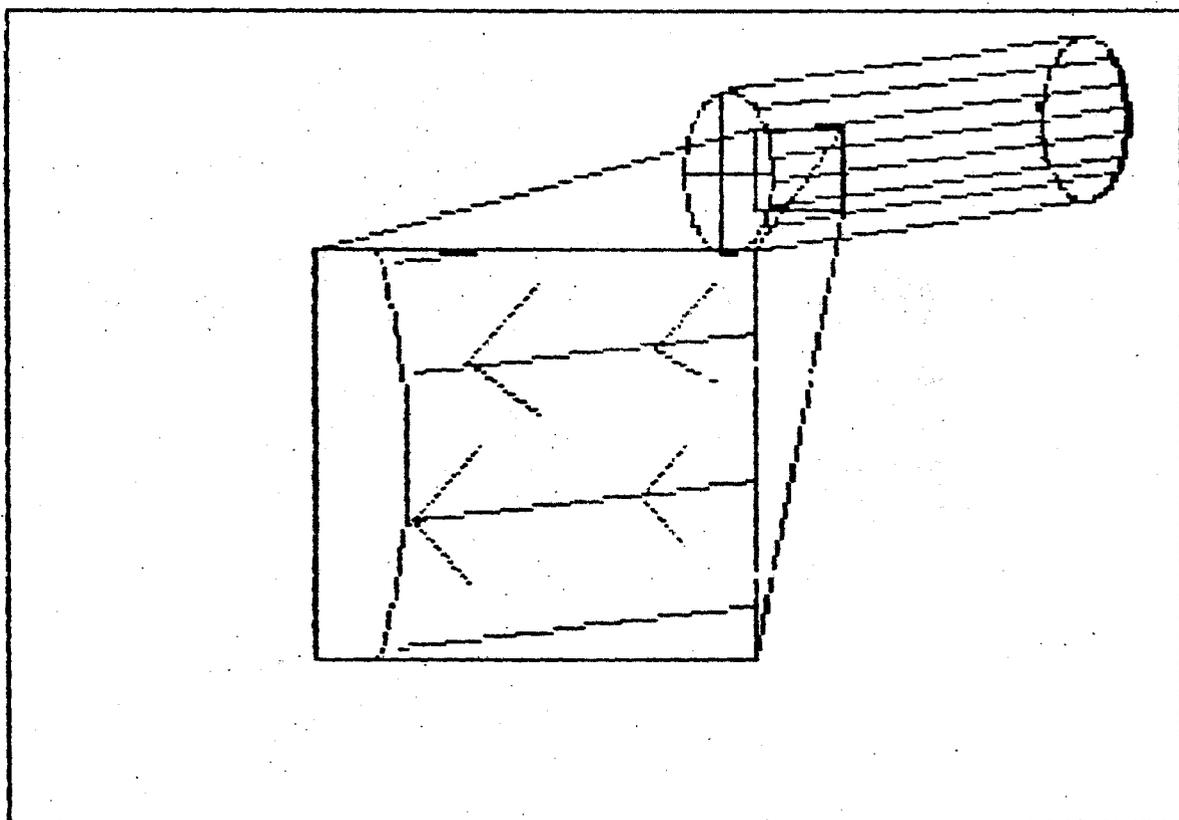
suspendido en el aire es suficiente para producir la separación del fruto. Cuando el fruto está cocinado la fuerza que se requiere para la separación es menor, a eso se debe que sea más eficiente. Cuando en el racimo quedan pocos frutos, el peso del racimo es mucho menor por lo que la fuerza que produce no consigue el desprendimiento. A eso se debe que aun en los cocinados no se separe el 100% de los frutos.

Con base en el principio de funcionamiento del "desfrutador", es importante hacer notar que, en un equipo grande, donde se pondrían más de un racimo a la vez, sería de gran importancia el efecto producido por las interacciones entre los racimos, lo que garantizaría un mayor desprendimiento inclusive con racimos crudos.

Si se toma en cuenta que la operación escogida para la eliminación del factor antinutricional no involucra calor húmedo, debe eliminarse la alternativa de emplear calor en el proceso de separación del fruto.

Para pejibayes crudos, en la prueba realizada, los porcentajes de rendimiento son muy bajos. Sin embargo la interacción entre racimos junto con modificaciones del equipo, como la que se muestra en la figura NQ16 (que

FIGURA N<sup>o</sup>16  
MODIFICACION SUGERIDA PARA DESFRUTADOR DE  
FIGURA N<sup>o</sup>8



consiste en adicionar a las varillas salientes que aumenten la posibilidad de que los frutos sean retenidos), podrían mejorar los rendimientos y hacer de esta operación una opción real de proceso. Por ello deben realizarse aun más pruebas de ajuste del equipo sugerido.

#### 4.4.2.2 Separación del coquito.

Para definir la operación de separación del coquito se tiene que partir del hecho de que la semilla debe sufrir el menor daño posible ya que en la actualidad se emplea para almácigo.

Experiencias anteriores realizadas por Tracy (1985) mostraron que -en un despulpador- es factible separar el coquito después del secado, ya que el movimiento rotatorio contra las paredes muele la pulpa la que pasa fácilmente por la malla mientras que el coquito completo queda retenido.

Según Mora (1988) el tratamiento térmico a que se somete el pejibaye durante el secado afecta las propiedades germinativas de la semilla por lo que esta opción no se puede utilizar.

Por lo tanto se realizaron pruebas en el despulpador con fruta fresca, utilizando en todos los casos paletas. Se probó tanto con el fruto entero como molido (en el molino de carne sin dado) pero con ninguna de las opciones se lograron resultados positivos. Si se utiliza el pejibaye completo este es friccionado contra la malla, la que, por los agujeros y la velocidad de las paletas, actúa como una lija que va "gastando" el fruto. La malla se satura, por la alta humedad de la masa que se forma y debido a que el tiempo de residencia dentro del cilindro es muy corto, la cantidad de pulpa que se separa del fruto es muy poca.

Con el pejibaye molido si se utiliza una abertura de malla baja, esta se satura y con una abertura mayor la interacción del producto con los agujeros a la velocidad de giro de las paletas produce la ruptura del coquito.

Se desechó entonces la posibilidad de usar un despulpador para esta operación por lo que se buscaron otras opciones de proceso. Algunas de ellas son:

- Separación por tamaño después de trituración: La fibra presente en el fruto hace que el producto de la trituración sean pedazos grandes, muchos de ellos de un tamaño similar al coquito, por lo que esta opción es

difícil de aplicar.

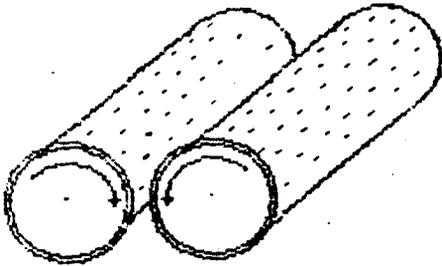
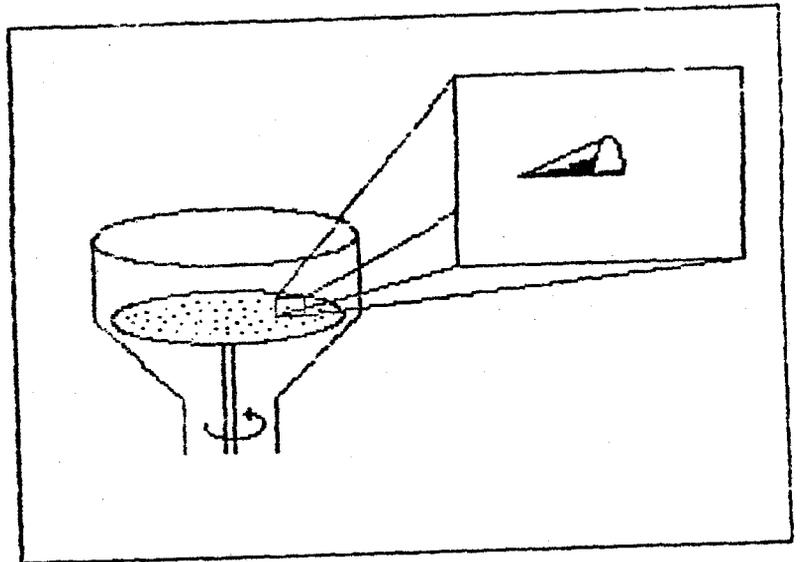
- Sistemas abrasivos que "arranquen" por contacto partes del fruto pero que no dañen, por la dureza del endocarpo, el coquito. Se presentan dos posibilidades:

1) Cilindros concéntricos dentados, que giren en sentido contrario (figura N°17a). Se pensó en esta opción al observar el equipo que se utiliza en café para separar el grano de la pulpa (chancador). Al girar los cilindros dentados en sentido contrario arrancarían partes del fruto. La abertura entre los cilindros sería tal que impidiera el paso de los coquitos.

2) Disco giratorio dentado-perforado: Esta idea surgió por similitud con un pelador abrasivo (figura N°17b). En este equipo el fruto se iría "gastando" por la fricción contra el disco. Los pedazos que se separan pasarían por las perforaciones al otro lado. Con respecto al anterior éste presenta la ventaja de que la superficie de trabajo es mayor.

Estas dos opciones tienen la cualidad de que incluyen dos operaciones a la vez: la trituración del fruto y la

FIGURA Nº17

ESQUEMAS DE EQUIPOS SUGERIDOS PARA  
SEPARAR EL COQUITOa. cilindros  
concéntricos  
dentados.b. Disco giratorio  
dentado-perfora  
do

separación del coquito. Sin embargo estos equipos son ideados teóricamente por lo que es necesario realizar pruebas prácticas a pequeña escala que definan si realmente pueden realizar su función. Para efectos de este trabajo fue imposible el construirlos dado que su manufactura es complicada.

#### 4.4.2.3. Secado.

Con el objetivo de obtener una idea del gasto energético involucrado en esta operación se calculó la cantidad de agua que se tiene que eliminar por kilogramo de fruto fresco para pasar de un 55% de humedad (valor promedio) a un 20 o un 10 % y se determinó la energía que se requiere para evaporar esa agua a la presión ambiente (Apéndice C) Los valores son de 0.2519 y 0.3149 kW-h/kg producto fresco, respectivamente.

Estos valores teóricos asumen que lo que se está evaporando es agua libre, es decir no se consideran las interacciones del agua con el producto ni las pérdidas de calor en el sistema.

De acuerdo a Sionneau (1988) la eficiencia de un secador bueno fluctúa, dependiendo del equipo, entre un 60 a un

30 %. Por lo tanto de acuerdo al cálculo realizado el gasto energético de esta operación estaría entre 0.4198 y 0.8397 kW-h/kg<sub>prod.fresco</sub> para un 20 % de humedad y en el rango de 0.5248-1.0497 kW-h/kg<sub>prod.fresco</sub> para un 10 % de humedad final. Estos valores corresponden de 5 a 10 veces la energía que se necesita en la extrusión (de acuerdo a los cálculos realizados). Por lo tanto esta operación se puede definir como la más importante desde el punto de vista económico.

#### 4.4.2.4 Consideraciones generales del proceso:

De acuerdo a la revisión de la literatura y a experiencias obtenidas en la práctica, en la definición de un proceso para elaboración de harina de pejibaye, son puntos importantes a considerar:

- 1) La alta perecibilidad del producto en condiciones ambientales no permite que el tiempo entre la cosecha y el procesamiento sea superior a los cuatro días.
- 2) Si se parte del fruto en racimo, el rendimiento teórico de la harina de pejibaye es de 46.4 % con coquito y 41.8 sin coquito (cálculos apéndice C), lo que equivale a 11.6 y 10.4 TM/Ha, respectivamente.

3) La cosecha anual se presenta en forma intensa en un período de dos meses. Por lo tanto se pueden considerar dos opciones:

- a. Fabricar toda la harina durante el período de cosecha.
- b. Almacenar el producto e ir procesando durante el año. Para efectos de este trabajo se mantuvieron pejibayes congelados por períodos mayores a los tres meses sin deterioro aparente.

Se puede utilizar el siguiente ejemplo para observar las diferencias entre estas dos opciones: Para un área de producción de 70 Ha (como la que se tiene sembrada en Buenos Aires) con un rendimiento de 25 TM/Ha se producirían anualmente 1750 TM de pejibaye. Si se escoge la primera opción se tendrían que procesar cerca de 30 TM/día, en un período de dos meses. Si se almacena el producto en congelación y se distribuye la producción de la harina durante el tiempo de no cosecha se procesarían cerca de 6 TM/día.

El primer caso implica:

- La adquisición de equipo de mayor capacidad.
- La planta estaría detenida la mayor parte del año.
- Se necesitaría de mucho personal, para cosechar y elaborar la harina, por un período corto de tiempo.

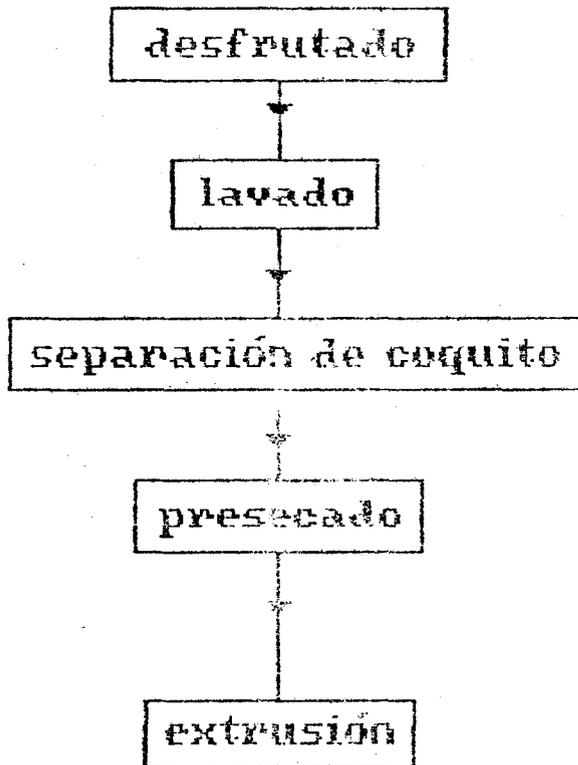
El segundo caso implica:

- Producción uniforme.
- Estabilidad laboral.
- Posible efecto de la congelación en el producto, para el procesamiento (aumento de la perecibilidad, influencia en el secado).
- Costo de la congelación (por adquisición de equipo y mantenimiento).

4) La fábrica de harina de pejibaye debe estar en la misma zona que la plantación, ya que no es recomendable el transportar el fruto por la alta cantidad de agua que posee.

De acuerdo a los resultados anteriores en la figura NQ 18 se muestra un proceso de elaboración para harina de pejibaye. A pesar de que para la escogencia de cada operación se tomó en cuenta el factor económico, estos resultados impiden la definición de la rentabilidad del proceso, ya que son necesarios estudios detallados que garanticen el mejor desempeño de cada operación.

FIGURA Nº18  
ESQUEMA DE PROCESO SUGERIDO  
PARA LA ELABORACION DE  
HARINA DE PEJIBAYE



## V. CONCLUSIONES

- Un Inhibidor de tripsina es el principal responsable de los efectos producidos en los animales cuando se alimentan con harina de pejibaye sin tratar.
  
- Tres operaciones que inactivan el inhibidor de tripsina son:
  1. Cocción a 115°C por 5 minutos.
  2. Ebullición 15 minutos.
  3. Extrusión.
  
- El calor seco no inactiva el factor antinutricional, aun a los 120°C
  
- En el proceso de cocción a 115°C por cinco minutos se pierde una porción importante de nutrientes en el agua. Sin embargo esta operación mejora la digestibilidad de la energía de la harina de pejibaye según el parámetro de "energía metabolizable".
  
- De las operaciones anteriormente mencionadas la que requiere de un menor gasto energético es la extrusión.
  
- Algunos constituyentes del pejibaye sufren modificaciones durante la extrusión.
  
- El pejibaye debe ser presecado para ser extrusado.

- Las operaciones de desfrutado y separación de coquito, se pueden llevar a cabo en forma mecanizada.
- La eliminación del agua presente en el fruto es la etapa crítica del proceso de elaboración de la harina, desde el punto de vista económico.
- La información reunida no permite definir si el proceso de elaboración citado es económicamente rentable. Antes debe ser estudiado en detalle el equipo propuesto para cada operación para conseguir su mejor desempeño, y después evaluar el consumo energético total (kW-h/TM)
- La harina de pejibaye es una solución real y aplicable al problema de falta de materias primas para concentrados animales. Esta se puede incluir en la dieta, como fuente de energía en un 48 % garantizando resultados similares a los obtenidos con las materias primas tradicionales. Sin embargo, la solución tiene que ser orientada, para que de manera escalonada se vaya introduciendo al mercado, ya que:

- 1) En la actualidad sólo hay una plantación planificada del cultivo.

- 2) el pejibaye dura siete años para optimizar su producción.

3) La cantidad demandada de materias primas que se utilizan en las dietas para consumo animal es muy alta, de acuerdo a Murillo (1980) para 1990 la estimación es de 540 000 TM.

Esto implicaría la necesidad de un plan de operaciones que defina las medidas necesarias (disponibilidad de semilla, insentivación del cultivo, convencimiento de consumidores, etc.) para hacer realidad esta empresa.

- El presente trabajo permite definir las necesidades inmediatas de investigación para lograr un proceso de elaboración de harina de pejibaye.

## VI. RECOMENDACIONES

- Aislar, purificar e identificar el inhibidor presente en el pejibaye.
- Realizar un estudio detallado para escoger y optimizar la opción de secado más eficiente.
- Definir las condiciones óptimas de proceso para la extrusión: máxima humedad inicial del pejibaye a la entrada, temperatura de proceso, tiempo de residencia en el tornillo.
- Definir los efectos que produce el proceso de extrusión en el almidón y la grasa del pejibaye así como las consecuencias de estas modificaciones sobre sus propiedades como nutrientes.
- Los equipos ideados para el desfrutado y la eliminación de coquito requieren de estudios de diseño para definir un mejor desempeño, el material de fabricación, tipo de motor empleado, dimensiones.
- Definir la mejor opción entre fabricar la harina en tiempo de cosecha o almacenar el pejibaye en congelación y procesar en tiempo de no cosecha.

- Definir un plan de operaciones con las políticas necesarias para convertir la harina de pejibaye en la principal fuente de energía de los concentrados para consumo animal a nivel nacional.

## VII. BIBLIOGRAFIA

01. AGUIAR, J. et al. 1980. Aspectos nutritivos de algunos frutos de Amazonia. Acta Amazónica 10(4):755
02. ALLARD, . 1987. Sistema Internacional de medidas. México, editorial Limusa. 63p.
03. ALTSCHUL, A. ed. 1958. Processed plant protein foodstuffs New York, Academic Press 955p.
04. ARKCOLL, D. y AGUIAR, J. 1984. Peach palm (Bactris gasipaes H.B.K.) a new source of vegetable oil from the wet tropics. J Sci. Food Agric. 35:520
05. BADUI, S. 1984. Química de los alimentos. México, Editorial Alhambra p82.
06. BIRK, J. 1976. Inhibitors from plants. In Lorand, L. Methods in enzymology. Vol XLV New York, Academic Press. p404.
07. BONILLA, L. et al. 1980. Manual de Laboratorio Ingeniería alimentos II. San José, CITA. 97p.
08. CALZADA, J. y GRANADOS, G. s.f. Pejibaye como posible alternativa de desarrollo. (mimiografiado)
09. CAMACHO, E. 1989. El pejibaye como alimento potencial de gran importancia para las familias campesinas de los trópicos americanos. ASHS-TR Proc. 13:275
10. ----- . 1979. El pejibaye (Guilielma gasipaes H.B.K. L.H. Bailey). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, Turrialba, Costa Rica. (mimiografiado)
11. CIPRONA. 1986. Pejibaye (Bactris gasipaes): una nueva opción sin explotar. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 350p.
12. COLLINS, J. y BEATY, B. 1980. Heat inactivation of trypsin inhibitor in fresh green soybean and physiological responses of rats fed the beans J. Food. Scie. 45(3):542.
13. COOZ, A. 1984. Efecto de la sustitución de maíz por harina de pejibaye en dietas para pollos de reemplazo durante la etapa de iniciación. Tesis Ing. Agron. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 52p.

14. CLEMENT, CH. 1986. El pejibaye: resultados y necesidades de investigación. Newsletter: Useful palms of Tropical America (2):2.
15. -----, y MORA, J. 1981. Pejibaye llega a su mayor edad. ASBANA 5(14):12
16. COLONNA, P. et al. 1984. Extrusion cooking and drum drying of wheat starch: I. Physical and macromolecular modification. Cereal Chem. 61(6):538.
17. CUEVAS, R. y CHERYAN, M. 1983. Inhibidores de tripsina en alimentos a base de soya: revisión crítica de la cinética de la destrucción térmica y los métodos de análisis. Arch. Lat. Nutr. 33(4):902.
18. DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ECONOMICOS, DIVISION FOMENTO, CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION. 1988. Costos de producción y precios del maíz en los últimos años. Comunicación personal.
19. ELDASH, A. 1979. Fundamentals of thermoplastic extrusion and its application in food industry. In Seminario sobre extrusión-cocción de alimentos en América Latina, Tomo 1, Chile. Anales, Santiago. 213p.
20. ESAKA, M. ;SUZUKI, K. y KUBOTA, K. 1987. Effects of microwave heating on lipoxigenases and trypsin inhibitor activities and water absorption of winged bean seeds. J. Food. Scie. 52(6):1738.
21. ESPINOZA, A. 1986. Sustitución del maíz por harina de pejibaye, tratada térmicamente, en dietas para gallinas ponedoras. Tesis Ing. Agron. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 30p.
22. FACUSEH, E. 1986. Efecto del tiempo de almacenamiento, tratamiento térmico y suplementación energética de la harina de pejibaye (Bactris gasipaes) en dietas para pollos parrilleros. Tesis Ing. Agron. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 38p.
23. FORERO, E. 1985. Informe del Seminario-taller sobre oleaginosas promisorias. Programa Interciencia de Recursos Biológicos, Bogotá. 179p.
24. FOURNIER, L. 1961. El pejibaye (Guilielma gasipaes H.B.K. L.H. Bailey). Turrialba, Costa Rica IICA 14p. (mimografiado).

25. GRANADOS, G. 1985. Estudios sobre producción, comercialización del pejibaye en el cantón de Jiménez, Cartago. Guía Agropecuaria. 3(8)
26. GUTIERREZ, R. 1988. Extracción, caracterización y evaluación de almidón de pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.) en productos alimenticios. 85p.
27. HARPER, J. 1979. Extrusion processing of food. Food Technology 32(7):67.
28. HIMMELBLAU, D. 1987. Principios y cálculos básicos de la Ingeniería Química. México, CECSA. 583p.
29. HUBBARD FARMS. 1985-1986. Hubbar broiler-Management guide. Arkansas. 15p.
30. INSTITUTO DE INVESTGACION EN CIENCIAS ECONOMICAS. 1982. Propuesta de un programa de investigación en pejibaye. 102p. (mimiografiado)
31. JOHNSON, L. et al. 1980. Inactivation of trypsin Inhibitors in aqueous soybean extracts by direct steam infusion. Cereal Chem. 57(6):376.
32. KAKADE, M. ; SIMONS, N, y LIENER, I. 1969. An evaluation of natural vs synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. Cereal Chem. 46(5):318.
33. KOEPPE, S. et al. 1985. Isolation and heat stability of trypsin inhibitors in amaranth (Amaranthus hypochondriacus). J. Food Scie. 50:1519.
34. KRONEBERG, A. 1982. Estudio preliminar sobre los factores antinutricionales en la harina de pejibaye (Bactris gasipaes). Tesis Ing. Agron. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía.
35. LIENER, I. 1979. The nutritional significance of plant protease inhibitors. Proc. Nutr. Soc. 38:129.
36. ----- ed. 1980. Toxic constituents of plant food-stuffs. 2ed. New York, Academic Press. 504p
37. LIU, K. y MARKAKIS, P. 1987. Effect of maturity and processing on the trypsin inhibitor and oligosaccharides of soybeans. J. Food Scie 52(1):222.

38. LOINAZ, A. 1985. Utilización de la harina de pejibaye extrusada bajo diferentes temperaturas en dietas de iniciación de pollos de engorde. Tesis Ing. Agron. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 53p.
39. MERCIER, C. et al. 1980. Formation of amylose-lipid complexes by twin-screw extrusion cooking of manioc starch. Cereal Chem. 57(1):4.
40. MORA, J. y SOLIS, E. 1980. Polinización en Bactris gasipaes H.B.K. (palmae). Rev. Biol. Trop. 28(1):174.
41. ----- 1982. El Pejibaye. Banco Nacional de Costa Rica. San José, Costa Rica. 15p.
42. ----- 1984. El pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.): origen, biología floral y manejo agronómico. In CATIE/FAO. Palmeras poco utilizadas de América tropical: informe de la reunión de consulta organizado por FAO y CATIE, San José, Litografía e Imprenta LIL, S.A. 168p.
43. ----- 1984. Banco de germoplasma. In ASBANA. Sexto informe de labores: diversificación agrícola. p 81.
44. ----- 1988. Características del pejibaye. Universidad de Costa Rica, Escuela de Biología. Comunicación Personal.
45. MORALES, R. 1988. Datos sobre la comercialización de pejibaye en CENADA. Heredia, CENADA. Comunicación personal.
46. MURILLO, M. 1981. Alimentos para animales y su industria en Costa Rica. Fac. Agronomía. Universidad de Costa Rica.
47. ----- et al. 1983. Estudio preliminar sobre factores inhibidores de enzimas proteolíticas presentes en la harina de pejibaye (Bactris gasipaes). Rev. Biol. Trop. 31(2):227
48. NIELSEN, J. 1943. Determination of starch: indice to maturity and starch vegetable. Ind. Eng. Chem. Anal. ed. 15(3):176.
49. OLOGHOBO, A. y PETUGA, B. 1983. Trypsin inhibitor activity in some limabean (Phaseolus lunatus) varieties as effected by different processing methods. Nutr. Rep. Int. 27:41.

50. PARIS, R. 1985. Memorandum: Reporte sobre el análisis preliminar de factibilidad de la harina de pejibaye como sustituto del maíz en el alimento para consumo animal. (mimiografiado).
51. PERRY, J. 1981. Manual del Ingeniero Químico. 3ed. México, UTEHA. p250.
52. PIEDRAHITA, C. y VELEZ, C. s.f. Efecto de las soluciones de sal y otros aditivos químicos en la conservación de los frutos de chontaduro, Rev. Coagro. 44:33.
53. -----, 1982. Métodos de obtención y conservación de las harinas de chontadura (Bactris gasipaes H.B.K.) Universidad del Valle, Cali, Colombia. 82p.
54. POTTER, N. 1978. La ciencia de los alimentos. 2ed. México, EDUTEX. p 60.
55. RIDCHARSON, M. 1977. The proteinase inhibitors of plants and micro-organisms: review. Phytochemistry. 16:159.
56. ROSSEN, J. y MILLER, R. 1973. Food extrusion. Food Technology 27(8):46.
57. ROY, D. y RAO, S. 1971. Evidence, isolation, purification and some properties of a trypsin inhibitor in Lathyrus sativus. J. Agric. Food Chem. 19:257.
58. SANGIL, J. 1985. Evaluación del efecto de diferentes procedimientos químicos y biológicos sobre la actividad inhibitoria de enzimas proteolíticas presentes en la harina de pejibaye (Bactris gasipaes) utilizada en la alimentación animal. Tesis Ing. Agron. San José, Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. 42p.
59. SIONNEAU, M. 1988. Características de secado. San José, Laboratorio de Secado, CITA. Comunicación Personal.
60. SMITH, O. 1983. The extrusion cooking of vegetable protein. In Seminario avanzado de tecnología de alimentos, 2° Bogotá. Anales Bogotá, Guadalupe. p405.
61. SOTO, S. 1983. Utilización de la harina de pejibaye en dieta para pollos de engorde. Tesis Ing. Agron. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 51p.

62. TRACY, M. 1985. Notas sobre el procesamiento y algunos usos alternativos del pejibaye (Bactris gasipaes H.B.K.) In Forero, E. Informe del Seminario-taller sobre oleaginosas promisorias. Programa Inter-ciencia de Recursos Biologicos, Bogotá. 179p.
63. VASQUEZ, J. 1983. Estimación de costos, ingresos y rentabilidad del pejibaye (Bactris gasipaes): pejibaye para palmito, pejibaye para fruta. Costa Rica, Ministerio de agricultura y ganadería. Economía para mercadotecnia Doc # GDEE 17p.
64. VILLALOBOS, J. 1988. Distribución de cultivos de pejibaye en el país. San José, Ministerio de Agricultura. Comunicación personal.
65. WHITAKER, J. y FEENEY, R. 1973. Enzyme inhibitors in foods. In Strong, F. Toxicants occurring naturally in foods. Washington, National Academy of Sciences.
66. ZAMORA, C. 1984. Densidad de siembra para la producción de fruta. In ASBANA. Sexto informe de labores: diversificación agrícola. p 87.
67. ----- . 1985. Densidad de siembra para la producción de fruta. In ASBANA. Séptimo informe de labores: diversificación agrícola. p 51.
68. ZAPATA, A. 1972. Pejibaye palm (Bactris gasipaes) from the Pacific Coast of Colombia: a detailed chemical analysis. Econ. Bot. 26(2):156
69. ZUMBADO, M. 1988. Análisis de prueba biológica. San José, Escuela de Zootecnia, U.C.R. Comunicación Personal.
70. ZUMBADO, M. y MURILLO, M. 1984. Composition and nutritive value of pejibaye (Bactris gasipaes) in animals feeds. Rev. Biol. Trop. 32(1):52
71. ----- . 1984. Utilización de la harina de pejibaye en la alimentación animal. Agronomía y Ciencia 2(1y2):52.

VIII. APPENDICES

APENDICE A

ANALISIS DE TAMIZADO DE HARINAS DE PEJIBAYE.

Para el análisis se utilizó la serie de tamices U.S.A. Standar.

CUADRO Nº 1A

RESULTADOS DE ANALISIS DE TAMIZADO  
EN HARINAS DE PEJIBAYE.

FRACCION RET. ENTRE TAMICES	C.S 60°C	C.S 100°C	C.H 5 min.	C.H 15 min.
10/14	0.1553	0.1873	0.0833	0.0962
14/18	0.1764	0.2052	0.1446	0.1699
18/20	0.0996	0.0758	0.1094	0.1182
20/30	0.1658	0.1599	0.2025	0.1946
30/40	0.1367	0.1210	0.1620	0.1471
40/60	0.1636	0.1278	0.1635	0.1684
60/..	0.1025	0.1230	0.1347	0.1057
TOTAL	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

APENDICE B

DATOS COMPLEMENTARIOS DEL ANALISIS ESTADISTICO  
REALIZADO PARA LAS VARIABLES RESPUESTA  
DE LA PRUEBA BIOLÓGICA.

## CUADRO No 1B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA CONSUMO DE ALIMENTO  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE EL PRIMER PERIODO  
(1-15 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	509801.02	8	84986.638	371.978	0.0000
intra grupos	6295.77	28	228.420		
TOTAL	516196.76	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIO <sup>a</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	383.4 <sup>a</sup>	348.2-378.5	8.22
C.S-40°C <sup>1</sup>	135.0 <sup>b</sup>	119.3-150.2	4.67
C.S-60°C	95.2 <sup>c</sup>	80.0-110.3	3.84
C.S-80°C	113.1 <sup>bc</sup>	98.0-128.3	3.88
C.S-100°C	101.4 <sup>c</sup>	86.2-118.6	4.64
C.H-5 min. <sup>2</sup>	346.9 <sup>a</sup>	330.8-361.2	8.60
C.H-15 min.	351.9 <sup>a</sup>	336.8-367.1	10.31

Para un error estandar global de 6.76

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

## CUADRO Nº 2B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA CONSUMO DE ALIMENTO  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE EL SEGUNDO PERIODO  
(16-28 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	4025499.8	6	670916.64	200.810	0.0000
intra grupos	70461.2	28	2516.47		
TOTAL	4095961.0	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIO <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	1088.4 <sup>a</sup>	1036.1-1136.8	19.52
C.S-40°C <sup>1</sup>	477.3 <sup>b</sup>	427.0- 527.7	7.39
C.S-60°C	321.6 <sup>c</sup>	271.3- 371.9	11.48
C.S-80°C	395.8 <sup>b,c</sup>	345.5- 446.2	29.24
C.S-100°C	349.3 <sup>c</sup>	299.0- 399.6	13.82
C.H-5 min. <sup>2</sup>	1081.1 <sup>a</sup>	1030.8-1131.4	18.91
C.H-15 min.	1025.6 <sup>a</sup>	975.3-1075.9	39.39

Para un error estandar global de 22.43

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

## CUADRO No 3B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA CONSUMO DE ALIMENTO  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODO EL PERIODO  
(1-28 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	7393773.2	8	1232295.5	371.154	0.0000
intra grupos	2965.0	28	3320.2		
TOTAL	7486738.2	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIO <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	1449.8 <sup>a</sup>	1392.0-1507.6	26.81
C.S-40°C <sup>1</sup>	612.4 <sup>b</sup>	554.6- 670.2	6.88
C.S-60°C	416.8 <sup>c</sup>	359.0- 474.6	12.91
C.S-80°C	509.0 <sup>b</sup>	451.2- 566.8	31.93
C.S-100°C	450.7 <sup>c</sup>	392.9- 508.5	15.89
C.H-5 min. <sup>2</sup>	1427.1 <sup>a</sup>	1369.3-1484.9	21.76
C.H-15 min.	1377.5 <sup>a</sup>	1319.7-1435.3	44.80

Para un error estandar global de 25.77

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.

<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.

<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

CUADRO N<sup>o</sup> 4B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA GANANCIA DE PESO  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE EL PRIMER PERIODO  
(1-15 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	401130.37	6	66855.061	254.961	0.0000
intra grupos	341.50	28	262.196		
TOTAL	408471.87	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIOS <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	266.5 <sup>a</sup>	250.3-282.8	9.11
C.S-40°C <sup>1</sup>	70.6 <sup>b</sup>	54.4- 86.9	2.74
C.S-60°C	38.7 <sup>c</sup>	22.5- 54.9	0.80
C.S-80°C	57.1 <sup>bc</sup>	40.9- 73.4	1.86
C.S-100°C	48.6 <sup>bc</sup>	32.4- 64.9	3.81
C.H-5 min. <sup>2</sup>	268.9 <sup>a</sup>	252.6-285.1	9.13
C.H-15 min.	272.8 <sup>a</sup>	256.4-288.9	13.21

Para un error estandar global de 7.24

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

## CUADRO No 5B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA GANANCIA DE PESO  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE EL SEGUNDO PERIODO  
(16-28 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	2534400.0	6	422400.00	311.314	0.0000
intra grupos	37991.3	38	1356.83		
TOTAL	2572391.3	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIO <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	666.7 <sup>a</sup>	623.7-703.7	14.29
C.S-40°C <sup>1</sup>	211.0 <sup>b</sup>	174.0-247.9	8.42
C.S-60°C	86.5 <sup>d</sup>	49.6-123.5	13.84
C.S-80°C	139.2 <sup>c</sup>	102.2-176.2	19.00
C.S-100°C	117.0 <sup>cd</sup>	80.1-154.0	13.66
C.H-5 min. <sup>2</sup>	694.5 <sup>a</sup>	666.1-734.1	26.04
C.H-15 min.	668.2 <sup>a</sup>	631.3-705.2	14.39

Para un error estandar global de 16.47

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

CUADRO No 6B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA GANANCIA DE PESO  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODO EL PERIODO  
(1-28 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	4948089.7	6	824681.62	0.26.504	0.0000
intra grupos	36857.1	28	1316.32		
TOTAL	4984946.8	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIO <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	933.2 <sup>a</sup>	896.8-969.6	10.60
C.S-40°C <sup>1</sup>	281.6 <sup>b</sup>	245.2-318.0	9.20
C.S-80°C	125.2 <sup>d</sup>	88.8-161.6	14.50
C.S-60°C	196.3 <sup>c</sup>	159.9-232.7	19.80
C.S-100°C	185.7 <sup>cd</sup>	129.3-202.1	15.24
C.H-5 min. <sup>2</sup>	965.9 <sup>a</sup>	929.5-1002.3	20.24
C.H-15 min.	940.8 <sup>a</sup>	904.4-977.2	20.03

Para un error estandar global de 16.23

1 C.S = Calor seco.

2 C.H = Calor húmedo.

3 Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

CUADRO N<sup>o</sup> 7B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA CONVERSION ALIMENTICIA  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE EL PRIMER PERIODO  
(1-15 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	6.5799171	6	1.0966362	34.378	0.0000
intra grupos	0.8932400	28	0.0319014		
TOTAL	7.4730571	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIO <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	1.37 <sup>a</sup>	1.19-1.55	0.03
C.S-40°C <sup>1</sup>	1.92 <sup>b</sup>	1.74-2.10	0.06
C.S-60°C	2.47 <sup>c</sup>	2.29-2.65	0.12
C.S-80°C	1.99 <sup>b</sup>	1.81-2.17	0.11
C.S-100°C	2.11 <sup>b</sup>	1.93-2.29	0.10
C.H-5 min. <sup>2</sup>	1.29 <sup>a</sup>	1.11-1.47	0.02
C.H-15 min.	1.27 <sup>a</sup>	.09-1.45	0.04

Para un error estandar global de 0.08

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

CUADRO N<sup>o</sup> 8B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA CONVERSION ALIMENTICIA  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE EL SEGUNDO PERIODO  
(16-28 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	28.492074	6	4.73367906	12.511	0.0000
intra grupos	10.594080	28	0.3783600		
TOTAL	38.996154	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIOS (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	1.84 <sup>a</sup>	1.02-2.25	0.05
C.S-40°C <sup>1</sup>	2.28 <sup>ab</sup>	1.66-2.89	0.09
C.S-60°C	4.08 <sup>c</sup>	3.46-4.70	0.61
C.S-80°C	2.96 <sup>bc</sup>	2.34-3.57	0.23
C.S-100°C	3.12 <sup>bc</sup>	2.50-3.73	0.30
C.H-5 min. <sup>2</sup>	1.56 <sup>a</sup>	0.94-2.17	0.08
C.H-15 min.	1.54 <sup>a</sup>	0.92-2.15	0.08

Para un error estandar global de 0.28

1 C.S = Calor seco.

2 C.H = Calor húmedo.

3 Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

## CUADRO Nº 9B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
PARA CONVERSION ALIMENTICIA  
EN LOS POLLOS DE ENGORDE DURANTE TODO PERIODO  
(1-28 DIAS DE EDAD) DE LA ETAPA DE INICIACION

## ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	20.616120	6	3.4360200	20.134	0.0000
intra grupos	4.778440	28	0.1706586		
TOTAL	25.394560	34			

## COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIOS <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	1.56 <sup>a</sup>	1.14-1.97	0.02
C.S-40°C <sup>1</sup>	2.18 <sup>ab</sup>	1.77-2.60	0.06
C.S-60°C	3.59 <sup>c</sup>	3.18-4.00	0.42
C.S-80°C	2.68 <sup>b</sup>	2.26-3.09	0.15
C.S-100°C	2.90 <sup>bc</sup>	2.49-3.31	0.19
C.H-5 min. <sup>2</sup>	1.48 <sup>a</sup>	1.07-1.90	0.04
C.H-15 min.	1.44 <sup>a</sup>	1.03-1.86	0.04

Para un error estandar global de 0.18

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.

<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.

<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

CUADRO N<sup>o</sup> 10B

DATOS DE ANALISIS DE VARIANZA Y  
 COMPARACION DE TRATAMIENTOS DE ACUERDO A PRUEBA DE  
 TUKEY CON UN 95% DE CONFIANZA  
 PARA LOS DATOS DE TAMANO DEL PANCREAS  
 DE LOS POLLOS DE ENGORDE DESPUES DE SER ALIMENTADOS POR  
 UN PERIODO DE 28 DIAS CON DIETAS A BASE DE HARINA DE PEJIBAYE

ANDEVA:

Fuentes de variac.	suma de cuadrados	grados libert.	cuadrado medio	Fc	Nivel sig.
entre grupos	1.53029E-3	6	2.55048E-4	11.379	0.0000
intra grupos	6.27600E-4	28	2.24143E-5		
TOTAL	2.15789E-3	34			

COMPARACION DE TRATAMIENTOS:

TRATAMIENTO	VALOR PROMEDIO <sup>3</sup> (g)	INTERVALO DE CONFIANZA (g)	ERROR ESTANDAR INTERNO
CONTROL	0.30 <sup>a</sup>	0.25-0.34	0.019
C.S-40°C <sup>1</sup>	0.38 <sup>ab</sup>	0.33-0.43	0.028
C.S-60°C	0.43 <sup>bc</sup>	0.38-0.47	0.029
C.S-80°C	0.38 <sup>ab</sup>	0.34-0.43	0.020
C.S-100°C	0.43 <sup>bc</sup>	0.38-0.48	0.023
C.H-5 min. <sup>2</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.21-0.30	0.011
C.H-15 min.	0.27 <sup>a</sup>	0.23-0.32	0.009

Para un error estandar global de 0.0.021

<sup>1</sup> C.S = Calor seco.

<sup>2</sup> C.H = Calor húmedo.

<sup>3</sup> Promedio de las cinco repeticiones por tratamiento de seis aves cada repetición.

Medias dentro de una misma columna con letra común no presentan diferencias significativas (p 0.05).

APENDICE C  
CALCULOS

1. GASTO ENERGETICO DE OPERACIONES QUE INACTIVAN  
EL FACTOR ANTINUTRICIONAL.

A. CALOR HUMEDO

Datos:

	<u>Ebullición</u>	<u>Marmita</u>
Peso de racimo: (kg)	3.40	3.72
Agua de cocción:	12L	12L
Vol. condensado: (L)	4.5(50°C)	6.0(55°C)
Tiempo de proceso: (hasta temp.deseada) (min)	5:25	10:45
Presión del Vapor (kg/cm <sup>2</sup> )	1.35 33.86 psia	1.50 36.00 psia

Datos de libro:

Densidad	0.98807(50°C)	0.98525(55°C)
h <sub>fg</sub> (BTU/lb)	940.4(33.86psia)	938.0(36psia)

Muestra de cálculo (Se tomó como ejemplo la ebullición):

$$\text{masa de condensado} = 4.5\text{L} * \frac{0.98807\text{kg}}{1\text{L}} * \frac{2.20462\text{lb}}{1\text{kg}} = 9.80\text{lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Gasto energético} &= m_c * h_{fg} \\ &= 9.80 \text{ lb} * \frac{940.4 \text{ BTU}}{\text{lb}} = 9215.92 \text{ BTU} \\ &= 9215.92\text{BTU} * \frac{1 \text{ kW-h}}{3412.8 \text{ BTU}} = 2.7004 \text{ kW-h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gasto energético/kg producto fresco} &= \frac{2.7004 \text{ kW-h}}{3.40 \text{ kg}_{\text{pf}}} \\ &= 0.7942 \text{ kW-h/kg}_{\text{pf}} \end{aligned}$$

## B. EXTRUSION:

### Datos:

Potencia del motor: 75 H.P.

Eficiencia del motor en empresa Aguilar y Solis: 0.96

Capacidad teórica: 1300-2000 lb/hr

Capacidad obtenida por empresa Aguilar y Solis: 1420-1520 lb/hr

### Cálculo:

$$\frac{\text{kW-h}}{\text{kg}_{\text{PF}}} = \frac{75 \text{ H.P.}}{1500 \text{ lb/h}} * \frac{1 \text{ Kw-h}}{1.28136 \text{ H.P.-h}} * \frac{2.20462 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} * \frac{1}{0.96}$$

$$= 0.0896 \text{ kW-h}$$

## 2. SECADO

Cálculo de energía requerida por kilogramo para evaporar el agua a las condiciones ambiente y llegar a un 20 y un 10 % de humedad.

Base: 1 kg de producto fresco

Porcentaje de humedad inicial: 55.0 (valor promedio)

Masa de producto seco = 0.45 kg

masa de agua en producto fresco = 0.55 kg

$h_{f_g}$ (presión ambiente) = 975.04 BTU/lb

a. Producto con un 20 % de humedad al final:

$$\text{masa de agua en producto con 20\%} = \{ [0.45 - (0.75 * 0.45)] / 0.75 \} \\ = 0.15 \text{ kg}$$

masa de agua eliminada (de 55 a 25 %) = 0.40 kg = 0.8818 lb

$$\text{energía necesaria para eliminar el agua} = 0.8818 * 975.04 \\ = 859.79 \text{ BTU} \\ = 0.2519 \text{ kW-h/kg}_{\text{PF}}$$

**b. Producto con un 10 % de humedad al final:**

$$\text{masa de agua en producto con 10\%} = \{ [0.45 - (0.90 * 0.45)] / 0.90 \} \\ = 0.05 \text{ kg}$$

$$\text{masa de agua eliminada (de 55 a 25 \%)} = 0.50 \text{ kg} = 1.1023 \text{ lb}$$

$$\text{energía necesaria para eliminar el agua} = 1.1023 * 975.04 \\ = 1074.79 \text{ BTU} \\ = 0.3149 \text{ kW-h/kg}_{\text{per}}$$

**3. RENDIMIENTO TEORICO DE LA HARINA DE PEJIBAYE**

Datos:

Rendimiento por hectárea: 25 TM

Humedad de la fruta: 55% (valor promedio)

Humedad de la harina: 10 %

Porcentaje de fruta en el racimo: 92.8 (Arccoll y Aguiar)

Porcentaje de pulpa en el fruto: 90 (Arccoll y Aguiar)

Cálculos:

$$\text{REND.} = \frac{25 \text{ 000 kg}}{\text{Ha}} * \frac{0.928 \text{ kg fruta}}{\text{Kg racimo}} * \frac{0.90 \text{ kg pulpa}}{\text{kg fruta}} *$$

$$\frac{0.45 \text{ kg prod.seco}}{1 \text{ kg pulpa}} * \frac{1 \text{ kg Harina 10\%}}{0.90 \text{ kg prod.seco}}$$

$$= \frac{10 \text{ 440 kg harina 10\%}}{\text{Ha}}$$