

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DEL ALIMENTO CERDO PRE-INICIADOR PRECOZ PREMIUM® Y SUS CONSECUENCIAS EN LA CALIDAD NUTRICIONAL

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Páez E., José Francisco
para optar al Título de
Ingeniero Químico

Caracas, 2009.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DEL ALIMENTO CERDO PRE-INICIADOR PRECOZ PREMIUM® Y SUS CONSECUENCIAS EN LA CALIDAD NUTRICIONAL

Tutor académico: Prof. Jaime Hernández

Prof. Vasco de Basilio

Tutor industrial: Ing. Juan Carlos Tobías

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Páez E., José Francisco
para optar al Título de
Ingeniero Químico

Caracas, 2009.

Caracas, Octubre de 2009

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller José Francisco Páez Estévez, titulado:

**“ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN
EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DEL ALIMENTO CERDO PRE-
INICIADOR PRECOZ PREMIUM® Y SUS CONSECUENCIAS EN LA
CALIDAD NUTRICIONAL”**

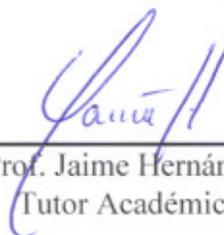
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al título de Ingeniero Químico, y sin que esto signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran **APROBADO**.



Prof. Adriana García
Jurado



Prof. Alejandra Meza
Jurado



Prof. Jaime Hernández
Tutor Académico

Páez E., José F.

**ESTUDIO DEL EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN
EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DEL ALIMENTO CERDO
PRE-INICIADOR PRECOZ PREMIUM® Y SUS CONSECUENCIAS EN LA
CALIDAD NUTRICIONAL**

**Tutor académico: Prof. Jaime Hernández, Prof. Vasco de Basilio. / Tutor
industrial: Ing. Juan Carlos Tobía.**

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
2009, 75 pp.**

**Palabras claves: CERDOS, PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS PARA
ANIMALES, AGROINDUSTRIA, NUTRICIÓN, PRODUCCIÓN DE
ALIMENTOS.**

En general, en el mercado nacional de los productores de Alimentos Balanceados para Animales los productos destinados a Cerdos en sus primeras etapas (3 a 8 semanas de edad) reportan consecuentemente resultados no satisfactorios en la producción de carne. Motivado a esto en la empresa Agrobueyca S.A. surge la necesidad de realizar una evaluación en este alimento, por cual este Trabajo Especial de Grado tomo como objetivo el estudio del efecto de los parámetros de producción del alimento Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium®, para ello se realizó una investigación bibliográfica y de antecedentes lo cual permitió realizar la selección de los parámetros a modificar al momento de producir los alimentos experimentales que fueron sometidos a distintas pruebas nutricionales de calidad. Éstas pruebas consistieron en la mediciones de parámetros de calidad exigidos por la Empresa, la determinación de Lisina Disponible, estimación de Energía Metabolizable y finalmente una prueba con los comensales comerciales (lechones destetados de 21 días aproximadamente). El estudio de dichos parámetros de procesamiento arrojaron como resultado que el tratamiento térmico es uno de los factores que mas afecta la calidad nutricional del alimento, por ello se fabricaron tres alimentos experimentales "A", "B" y "C" a tres temperaturas distintas de acondicionamiento 55 °C, 65 °C y 75 °C, respectivamente y se les aplicaron los ensayos y pruebas antes mencionados. Estos cambios operativos mejoraron los parámetros de durabilidad y porcentaje de finos, demostraron que hay una reducción en la lisina disponible producto del acondicionamiento y pelletizado del alimento y como la variación de temperatura de acondicionamiento incide en la Energía Metabolizable. Con respecto a la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión se evidenció que no hay diferencias estadísticas entre los alimentos experimentales y que éstas mediciones se encuentran por debajo de valores recomendados citados en programas de alimentación de la empresa.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN	1
I.1. Planteamiento del problema	1
I.2. Antecedentes	2
I.3. Objetivos	3
I.3.1. General	3
I.3.2. Específicos	4
II. MARCO TEÓRICO	5
II.1. La Agroindustria y los Alimentos Balanceados para Animales	5
II.2. Proceso de Fabricación de Alimentos Balanceados para Animales:	6
II.2.1. Efectos de las temperaturas sobre la calidad nutricional de un alimento:	8
II.3. La Calidad de los Alimentos Balanceados para Animales:	11
II.3.1. El Control de Calidad en el Proceso de Fabricación de Los Alimentos Balanceados para Animales:	11
II.3.2. El Control de Calidad en el Producto Terminado:	12
II.3.3. Digestibilidad:	18
II.4. Energía de los Alimentos:	20
II.4.1. Energía Bruta (EB):	20

II.4.2. Energía Metabolizable (EM):	20
III.METODOLOGÍA	23
III.1.Revisión Bibliográfica y de Antecedentes de la Empresa	23
III.2.Propuestas Operativas y Fabricación de los Alimentos Experimentales Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium®.	23
III.3.Determinación de los Parámetros de Calidad del Alimento:	24
III.3.1. Análisis Proximales:	25
III.3.2. Análisis Físicos:	26
III.4.Determinación de Lisina Disponible en Alimentos, Método ácido Trinitro- trobencenosulfónico:	27
III.5.Determinación de Energía Metabolizable	31
III.5.1. Determinación de la Energía en los Alimentos y Excretas	32
III.5.2. Cálculo de La Energía Metabolizable Verdadera	33
III.6.Pruebas de Crecimiento:	35
IV.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38
IV.1.Revisión Bibliográfica y de Antecedentes de la Empresa:	38
IV.2.Propuestas Operativas y Fabricación de los Alimentos Experimentales Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium®.	39
IV.3.Resultados de los parámetros de calidad del alimento	45
IV.4.Resultados de la determinación de Lisina disponible en alimentos.	48
IV.5.Resultados de la determinación de energía metabolizable en alimentos.	51
IV.6.Resultados de las pruebas de granja	53
IV.6.1. Estadísticas de las pruebas de granja	55
V. CONCLUSIONES	61

VI.RECOMENDACIONES	62
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Tabla de relación volumen para el $NaHCO_3$	29
2.	Parámetros Operativos de la Producción del Alimento “A”	41
3.	Parámetros Operativos de la Producción del Alimento “B”	42
4.	Parámetros Operativos de la Producción del Alimento “C”	43
5.	Análisis Físicos de los Alimentos:	45
6.	Análisis Proximales de los Alimentos	46
7.	Porcentaje de Lisina Disponible en Las Muestras	48
8.	Energía Metabolizable Verdadera y Contenido Calórico en los Alimentos	51
9.	Resultados de Granja Experiencia 1 - Semanas 1 y 2	53
10.	Resultados de Granja Experiencia 2 - Semanas 1 y 2	54
11.	Ganancias de Pesos Promedio por Corral - Experiencia 1	55
12.	Anova correspondiente a la Tabla 11	55
13.	Ganancias de Pesos Promedio por Corral - Experiencia 2	56
14.	Anova correspondiente a la Tabla 13	56
15.	Consumos de Alimentos Promedio por Corral - Experiencia 1	57
16.	Consumos de Alimentos Promedio por Corral - Experiencia 2	57
17.	Conversiones Promedio por Corral - Experiencia 1	58
18.	Anova correspondiente a la Tabla 17	58
19.	Conversiones Promedio por Corral - Experiencia 2	58
20.	Anova correspondiente a la Tabla 19	59

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Vista del Molde de la Pelletizadora	7
2.	Acondicionador de Inyección de Vapor	8
3.	Diagrama de Análisis Proximales	14
4.	Destiladores y Digestores Kjeldahl para la Determinación de Proteínas y Fibra Bruta.	15
5.	Alimento Balanceado para Animales Pelletizado.	17
6.	Diagrama de tipos de Energías (Sibbald, 1982)	22
7.	Software del Panel de Control de la Planta Agrobueyca S.A.	24
8.	Pistola de Termómetro Infrarrojo modelo AND-AD5611	26
9.	Durabilímetro	27
10.	Tamiz 2mm Sieve. No. 10	28
11.	Espectrofotómetro para las Mediciones de Absorbancia	31
12.	Gallos Rhode Island Red	33
13.	Cerdos Pietrain	37
14.	Diagrama de una Planta de Alimentos Balanceados para Animales . . .	39
15.	Registro de Parámetros de Producción del Alimento “A”	41
16.	Registro de Parámetros de Producción del Alimento “B”	42
17.	Registro de Parámetros de Producción del Alimento “C”	43
18.	Mediciones de Absorbancia	48
19.	Ajuste de Curva Correspondiente a la Absorbancia y la Concentración de Lisina	49
20.	Efecto de la A_w sobre algunos procesos de degradación de un alimento (Eichner, Karel, 1972.)	50

21.	Canulización de Gallos	52
22.	Ganancias de Pesos Promedio por corral	55
23.	Consumos de Alimentos Promedio por Corral	56
24.	Conversiones Promedio por Corral	57
25.	Mediciones del Consumo de Alimento	60
26.	Cerdos Pietrain de la Prueba de Granja	60

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presentan las bases que sustentan el presente Trabajo Especial de Grado, en primer lugar se expone la necesidad de realizar la investigación, el planteamiento del problema, en segundo lugar tenemos los antecedentes del problema planteado, y por último, los objetivos que queremos alcanzar.

I.1. Planteamiento del problema

Entre las alternativas de producción de Alimentos Balanceados para Animales (ABA) el proceso de pelletizado con inclusión de vapor es uno de los más utilizados, ya que proporciona al producto terminado conformidad en el balance equilibrado de los componentes dentro del volumen total. Por medio del mezclado y prensado de los ingredientes se logra una mejor calidad sanitaria del alimento, porque el proceso en sí de la incorporación de vapor de agua más el efecto mecánico de fricción implica elevación de la temperatura del alimento lo que elimina ciertos agentes dañinos y disminuye los costos de logística y transporte al ser un producto compactado. Las ventajas de utilizar este tipo de procesamiento de alimentos garantizan el balance formulado que es directamente apreciable en los niveles de conversión del alimento en carne.

Existen distintos parámetros de producción que se deben tomar en cuenta al momento de procesar un Alimento Balanceado para Animal, entre ellos podemos señalar, la formulación y selección de materia prima, tipo y granulometría de la molienda, adición de grasas y líquidos por mezclador, inyección de vapor y temperatura en el acondicionador, velocidad del dado en la pelletizadora, tipo de molde, etc. Este procesamiento mejora las características del alimento, pero el desconocimiento y mala aplicación de los parámetros

operativos en su fabricación pueden causar cambios que degeneran las características nutricionales y otras propiedades físico-químicas del alimento que contribuyen a su calidad integral.

En la empresa productora de Alimentos Balanceados para Animales de AGRO-BUEYCA S.A el Alimento Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium® es un producto poco producido y poco demandado; esto debido a los resultados variables observados en campo que traen como consecuencia distintas conversiones del alimento en carne en los lechones. De este alimento comercial no se tiene la certeza ni se han definido sus parámetros de producción ya que el mismo no es constante en sus resultados en granjas y no actúa con la efectividad para la cual fue formulado.

Todas las razones anteriores generan la necesidad de realizar una revisión de los parámetros y condiciones del proceso empleadas en la fabricación de los alimentos de cerdos en las etapas comprendidas entre las 3 y 8 semanas de edad y evaluar las posibles consecuencias a nivel nutricional.

I.2. Antecedentes

En trabajos de investigación se han publicado efectos negativos del calentamiento al procesar piensos para animales (Stein, 2008), incluso como la disminución de disponibilidad de amino ácidos como la lisina afecta el crecimiento de lechones (Braumann, B.G, Bilkei, Cáceres, Gil, M.C, Peña, F.J, 2002). Los ABA (alimentos balanceados para animales) de arranque de lechones necesitan especial atención debido a que pueden ocurrir reacciones de Maillard como consecuencia de su contenido en reemplazantes lácteos (Peisker, 1992). En lo que respecta al aspecto comercial de los Alimentos de Cerdos Pre-Iniciadores destinados a animales destetados en Venezuela generalmente son Alimentos que no cubren las expectativas de ganancia de peso. Las principales

empresas productoras de alimentos reportan consecuentemente variaciones en resultados en granjas, lo cual produce desconfianza en el cliente al momento de decidir que alimento se adapta a sus necesidades.

En la Empresa productora de Alimentos AGROBUEYCA S.A. con respecto a Alimentos de Cerdo Pre-Iniciadores, se han hecho cambios operativos y correctivos en equipos, como cambio en el molde de la pellet de 4mm a 2mm, modificación que al final no se conservó porque no produjo los resultados esperados. En las modificaciones más recientes se disminuyó la temperatura de acondicionamiento y se implementó el Pre-Cocimiento de Cereales como fórmula para mejorar aspectos físicos y nutricionales, ya que se produciría una mayor activación de los almidones entre otras ventajas. Dichos cambios se han evaluado mediante las Pruebas en Granja en "La Pirámide" pero no se ha generado una conclusión final al respecto. Cabe destacar también que la fórmula del alimento en estudio también ha tenido varias "versiones" que se pueden tomar como cambios en la composición y proporción de un ingrediente en la fórmula, generados muchas veces por la disponibilidad de materia prima y otras veces buscando mejoras en el alimento. En lo que se refiere a Trabajos de Investigación no se ha realizado ninguno, a pesar de que la efectividad del alimento no ha sido satisfactoria y en general reporta un comportamiento errático según resultados verificados en un período de dos años en la granja "La Pirámide".

I.3. Objetivos

I.3.1. General

Determinar el Efecto de cambios en los Parámetros de Procesamiento empleados en la Producción del Alimento Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium® y sus implicaciones en la Calidad Nutricional.

I.3.2. Específicos

- Realizar una Revisión Bibliográfica y de antecedentes en la empresa que referencien condiciones y parámetros utilizados en la producción de alimentos destinados a cerdos en el período del destete en la Planta de Alimentos Agrobueyca S.A.
- Generar propuestas operativas para la fabricación de los alimentos experimentales Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium®.
- Evaluar los parámetros de producción al momento de la fabricación de los alimentos.
- Evaluar los parámetros de calidad utilizados en la empresa para el alimento en proceso y para el producto terminado.
- Determinar las posibles variaciones de la lisina disponible en el producto final para verificar el efecto del procesamiento en el alimento
- Estimar la Energía Metabolizable contenida en los alimentos con el fin de percibir cambios en la calidad nutricional de los alimentos.
- Evaluar y cuantificar ganancia de peso y consumo de alimento en lechones entre la tercera y cuarta semana de edad, como estimador de calidad de los alimentos elaborados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se establecen las bases teóricas necesarias para alcanzar los objetivos planteados.

II.1. La Agroindustria y los Alimentos Balanceados para Animales

La Agroindustria comprende la rama de industrias que transforman los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos elaborados. Un ABA (alimento balanceado para animal) se define como un alimento completo donde un número de distintos ingredientes, incluyendo un número importante de vitaminas, minerales y otros aditivos, se mezclan y homogenizan en proporciones adecuadas para obtener dietas equilibradas que cubran los requerimientos nutricionales de todos los tipos de animales de producción en cualquier etapa de su crecimiento y desarrollo. La producción de ABA consiste en unos procesos, que además de ser muy simples, no varían mucho entre plantas, debido a la flexibilidad que éstas brindan para la elaboración de diferentes tipos de alimentos. No obstante, los niveles de inversión para la operación de estas plantas son elevados, por el equipamiento automatizado necesario, por los altos volúmenes de materias primas que deben procesar, al igual que el nivel de producción que genera la industria. Además, los controles de calidad que debe realizar cada una de las plantas también implican un alto costo para las empresas. Para la elaboración de alimentos balanceados es importante considerar la calidad o los estándares de presentación de las materias primas, ya que estos factores influyen directamente sobre el rendimiento de los animales que consumen el alimento. Las características de los ingredientes que mayor variabilidad presentan son los niveles

de proteínas, cenizas y fibra. La modificación en estos elementos se da principalmente por el procesamiento o la adulteración de las materias primas o por causas naturales, como por ejemplo, las particularidades de cada uno de los cultivos de donde provienen los insumos. Otra de las causas de la variabilidad de los insumos es su alteración con impurezas como arena o tierra. En general, los ingredientes cuyas propiedades son más variables son los de origen animal, ya que su contenido es muy heterogéneo, como en el caso de los subproductos avícolas, que pueden contener carne, huesos, plumas, pezuñas, etc.

II.2. Proceso de Fabricación de Alimentos Balanceados para Animales:

El proceso de fabricación de un ABA comprende en sus primeras etapas la formulación, dosificación, pesado, molienda y mezclado de los ingredientes. Luego de las anteriores etapas, la harina obtenida pasa a la etapa de acondicionamiento que consiste principalmente en el agregado de cantidades de vapor, y eventualmente otros tipos de líquidos, por uno o varios puntos de inyección. Inmediatamente este flujo de sólidos sufre un proceso de mezclado por turbulencia con el cual se pretende la incorporación del vapor y los líquidos a la masa de manera uniforme y homogénea. Acondicionar los alimentos significa prepararlos para hacer posible el proceso de pelletizado en condiciones normales y con rendimientos óptimos. En consecuencia, la calidad de este proceso y las temperaturas finales serán mayores, lográndose, entre otros, la calidad sanitaria del alimento, cierto grado de gelatinización de almidones y mejores niveles de producción de la máquina pelletizadora a igual potencia (Payne, Rattink, Wolter, Smith, y Strom, 2002). Además, mejorará la calidad de la conformación de los pellets y disminuirá el desgaste en los componentes del equipo compresor de la prensa pelletera. Las condiciones de temperaturas que deben lograrse en el acondicionamiento

por turbulencia, están comprendidas entre 55-85 grados Celsius, dependiendo de la fórmula del alimento utilizado y la tolerancia al vapor de los diferentes ingredientes. Finalizado el acondicionamiento, el producto está listo para ser convertido en pellet. En el proceso de pelletizado se moldea una mezcla aglomerada en la cámara de prensado mediante su paso por dados o troqueles que por la aplicación de fuerzas mecánicas dan la particularidad de la forma cilíndrica de los pellets. El exceso de humedad debe ser eliminado en el proceso subsiguiente de enfriado. El funcionamiento básico del enfriado consiste en formar un manto de material en su lecho hasta llegar a un límite previamente definido y una corriente de aire fluye en sentido inverso a la caída del producto para enfriarlo progresivamente evitando un choque de temperaturas. Los principales factores a tener en cuenta en esta etapa son la temperatura final del pellet, que nunca debe de estar por encima de 4°C sobre la temperatura ambiente y la humedad que no ha de superar el estado natural del producto (12,5%).



Fig 1: Vista del Molde de la Pelletizadora

II.2.1. Efectos de las temperaturas sobre la calidad nutricional de un alimento:

Los tratamientos térmicos aplicados en la elaboración de ABA conducen a múltiples ventajas operacionales, nutricionales y económicas, las tecnologías aplicadas proporcionan temperatura y humedad a través de procesos como el acondicionamiento, la expansión, la extrusión y la pelletización. Con la aplicación de estos procesos se pretende maximizar y conferir nuevas cualidades nutritivas así como inhibir aquellas que resulten dañinas para el animal. En lo que se refiere a las mejoras operacionales y económicas se pueden mencionar el aumento en la producción de la pelletizadora, una mayor duración del dado debido a una mejor lubricación y un menor esfuerzo en el motor que se traduce en una disminución en el consumo de electricidad que en conjunto proporcionan al proceso la efectividad que se requiere para su máximo rendimiento y aprovechamiento.

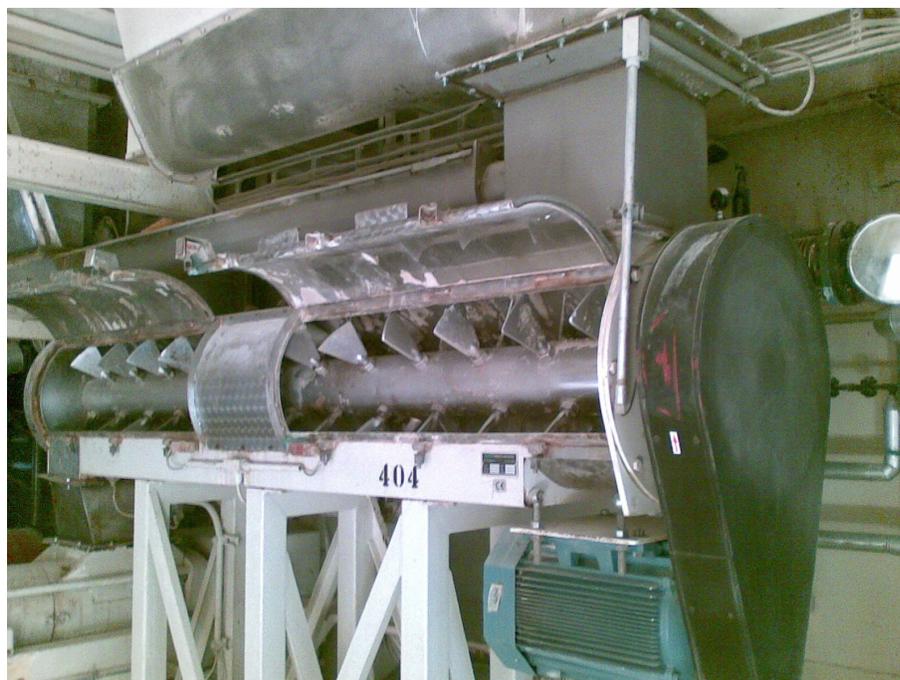


Fig 2: Acondicionador de Inyección de Vapor

a) Mejoras en el Alimento por el Tratamiento Térmico:

- Aumento de la disponibilidad de nutrientes y la eficacia alimenticia (Sauer. y Pierce, 1990), efectos que son observables mediante el aumento de la energía metabolizable, así como en el incremento de los valores del aprovechamiento de la proteína metabolizable. (Lucht 1999).
- Aumento de la higiene del alimento mediante la disminución de la carga bacteriana y agentes patógenos (Konig, 1994).
- Gelatinizar el almidón (Peisker, 1992).
- Plastificación de la Proteína.
- Aumento en la digestibilidad.
- Destruir inhibidores termolábiles, factores anti-trípsicos (Huisman, 1989).

b) Efectos negativos de la temperatura, Reacciones de Maillard:

Los tratamientos tecnológicos están a menudo en el límite de destruir los nutrientes de la dieta cuando: los parámetros del tratamiento no son exactamente conocidos, no se mantienen meticulosamente durante el proceso completo, los objetivos del procesado no están claramente definidos o cuando se buscan objetivos contradictorios (por ejemplo la gelatinización del almidón para brindar dureza, generando también reacciones de maillard por unión de proteínas con almidones). Este mal proceder genera consecuencias irreversibles y de gran impacto en el alimento. Reacciones como las de Maillard, transaminación, oxidación, de β -eliminación y empardamiento de los lípidos afectan la disponibilidad de nutrientes y el contenido de energía que el formulador estableció se ve alterado en el producto terminado (Stein, 2008).

Los ABA de cerdos pre-iniciadores contienen en su fórmula sub-productos lácteos, los cuales son sensibles a los efectos del calentamiento por fabricación, éstos son candidatos a la producción de combinaciones azúcar-proteína, comúnmente llamadas Moléculas de Maillard. La reacción de Maillard (técnicamente: glucosilación no enzimática de proteínas) se trata de un conjunto complejo de reacciones químicas que se producen entre las proteínas y los azúcares reductores que se dan al calentar (no es necesario que sea a temperaturas muy altas) los alimentos o mezclas similares, como por ejemplo una pasta. Esta reacción la investigó en profundidad el químico Louis-Camille Maillard en los comienzos del siglo XX. En 1916, Maillard (1878-1936) demostró que los pigmentos marrones y los polímeros que ocurren durante la pirólisis (degradación química producida únicamente por calor) se liberan después de la reacción previa de un grupo de aminoácidos con un grupo carbonilo de azúcares (Fayle, S. E., y Gerrard, 2005). No fue sino hasta 1953 cuando se descubrió el mecanismo de las complejas interacciones que se producen. Estas moléculas confieren al alimento nuevos atributos biológicos y químicos que provocan la formación de enlaces indigestibles entre aminoácidos o entre aminoácidos y azúcares que trae como consecuencia una reducción en la digestibilidad.

La lisina, es un aminoácido de entre los 8 esenciales para el desarrollo de los cerdos. Como aminoácido esencial, la lisina no se sintetiza en el organismo de los animales y por consiguiente, éstos deben ingerirlo como lisina o como proteínas que contengan lisina. En alimentos que han sido procesados o almacenados por períodos largos la lisina puede perder su valor nutricional principalmente por efecto de la Reacción de Maillard, ya que al reaccionar no es susceptible al ataque enzimático y como consecuencia queda nutricionalmente no disponible (Gutiérrez, y García 2008). El cerdo destetado requiere un alto nivel de aminoácidos en la ración para su crecimiento así como para luchar frente a los cambios ocasionados por el stress postdestete y para el desarrollo de su inmunidad. Las necesidades de aminoácidos de los lechones destetados en algunas experiencias prácticas muestran que los lechones pueden tolerar y utilizar niveles en aminoácidos

superiores a los que generalmente se sugieren, convirtiéndose en factor fundamental que un alimento se encuentre lo más cercano a sus valores de fórmula (Braumann, B.G, Bilkei, Cáceres, Gil, M.C, Peña, F.J, 2002).

II.3. La Calidad de los Alimentos Balanceados para Animales:

El concepto moderno de control de calidad es bastante complejo e involucra todo el personal de una organización y todos los procesos productivos. Es decir debe empezar en la planta de las industrias que proveen los ingredientes y terminar en las granjas de los criadores. De alguna manera se podría definir como el conjunto de actividades por medio de las cuales una empresa se asegura de que todas las fases del proceso de producción estén siendo llevadas a cabo correctamente de manera que el producto final, reúna las características con que fue diseñado para así poder obtener el máximo rendimiento de los productos en el campo. El conjunto de características físicas y químicas que debe reunir un determinado producto para hacer un trabajo con una eficacia, depende de muchos factores entre los cuales se puede mencionar, la formulación, materias primas, proceso de fabricación, almacenamiento del producto y manejo del producto

II.3.1. El Control de Calidad en el Proceso de Fabricación de Los Alimentos Balanceados para Animales:

En el Proceso de Fabricación del Alimento el sistema de control de calidad puede ser definido como el conjunto de actividades dirigidas a controlar el proceso de producción mismo, comienza con el sistema de recepción de materia prima y termina cuando el producto terminado es despachado a la granja del cliente. En el proceso de recepción de materia los controles de calidad se enfocan principalmente en el muestreo de camiones para realizar análisis químicos, físicos, organolépticos, sensoriales y de

condición sanitaria del ingrediente. En su almacenaje se hace control de plagas y se supervisa que las condiciones de humedad en silos y celdas no generen crecimiento de hongos y otros microorganismos. Al momento de fabricar el Alimento cada Empresa tiene sus políticas y distintos puntos de control en el proceso, dependiendo de las normas que rijan cada compañía se ajustan a Normas como la ISO - 9001:2000, HACCP, etc. Entre los principales controles de calidad que se realizan están las verificaciones de pesado en la dosificación de los ingredientes, los análisis de molienda de los ingredientes provenientes de los molinos para verificar tamaño de partículas, las validaciones de mezclado o pruebas de mezclado, con el objetivo de observar la homogeneidad de los ingredientes y la humedad en la mezcla, para constatar la pérdida de humedad en el alimento producido, adicionalmente se monitorean siempre las condiciones del proceso y se ajustan de ser necesarios. Lo importante al fabricar un ABA es entender que por la gran variabilidad de las materia primas empleadas se requiere de una constante supervisión y modificaciones de los parámetros operativos utilizados.

II.3.2. El Control de Calidad en el Producto Terminado:

Se define un Producto Terminado como el Alimento ya listo para ser suministrado al animal, es el ABA producto del procesamiento y transformación de las materias primas. Para comprobar la inocuidad del alimento y su condición sanitaria se emplean análisis microbiológicos de salmonella, e-coli, coliformes, entre otras y se aplican pruebas toxicológicas de aflatoxinas. Con respecto a la información nutricional del Alimento se aplican análisis proximales y otros que corresponden a pruebas de digestibilidad, estimación de minerales, aminoácidos, cloruros, acidez sulfúrica, etc. Un ABA dependiendo del uso y tecnología aplicada puede tener distintas presentaciones como lo son, en polvo, pellets y pellets triturados. Dependiendo de la presentación del Alimento para medir la calidad del mismo hay distintas pruebas como la durabilidad y dureza del pellets, pruebas de granulometría y porcentaje de finos.

Perfil - Nutricional / Análisis Garantizado:

En las empresas productoras de ABA se presentan lo que se denominan Perfiles Nutricionales, donde se reportan los valores correspondientes al Análisis Proximal del Alimento y otros valores que se consideren como importante en este perfil. Estas estimaciones nutricionales son garantía al cliente del contenido nutricional del Alimento y se registra en el ente público encargado, en el caso de Venezuela el Instituto Nacional de Sanidad Agrícola Integral (I.N.S.A.I.) tiene esta función.

Análisis Proximal:

Es una descripción muy generalizada de los componentes nutricionales de un producto determinado y está basado en un trabajo que en el año de 1865 realizaron un grupo de especialistas de la estación experimental de Weende, Alemania. En ese tiempo, era una herramienta simple y de fácil uso para medir la calidad de los alimentos y fue por lo tanto adoptada a nivel mundial para este propósito pero muy especialmente por las agencias de control oficial, como parámetro para registro y control de los alimentos. Este método es proximal porque no determina sustancias químicamente definibles, sino que asocia combinaciones orgánicas que responden a determinadas reacciones analíticas. El Análisis Proximal consta de 6 fracciones:

- Humedad
- Proteína Cruda
- Grasa (extracto de éter)
- Fibra cruda
- Cenizas
- Extracto libre de nitrógeno (calculado por diferencia)

Humedad: es la medida del contenido de agua que tienen los ingredientes o alimentos. Hay dos razones fundamentales para controlarla:

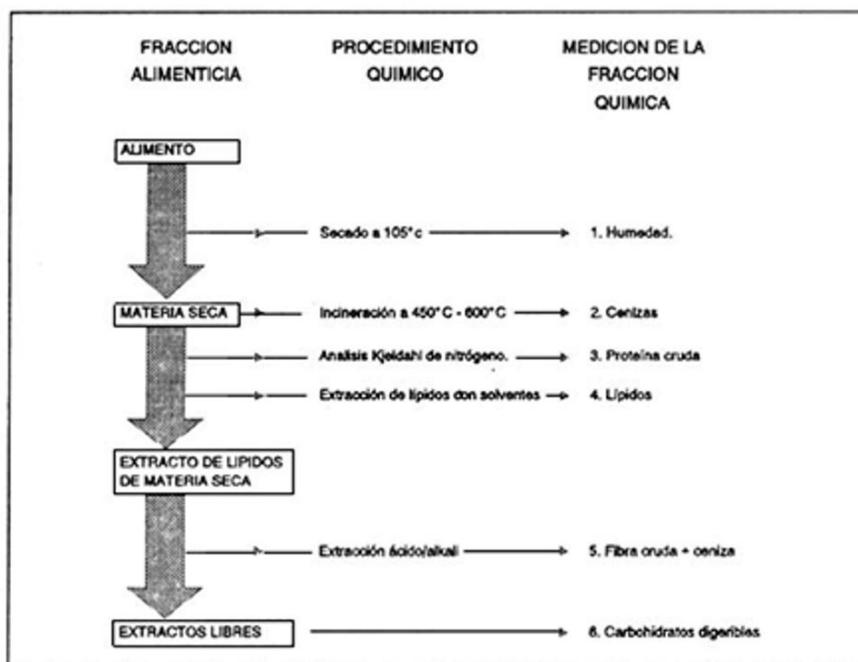


Fig 3: Diagrama de Análisis Proximales

- Es el factor determinante en la descomposición de los alimentos. Esto es especialmente cierto en climas tropicales como en Venezuela, los hongos, bacterias e insectos, tienen requisitos de medio ambiente, humedad y nutrientes (como cualquier otro ser viviente). En estos climas se tienen a favor el medio ambiente, representado por el clima tropical, tienen los nutrientes en el alimento, y si también se tiene una humedad superior a 12.5% se tiene como resultado un desarrollo bacteriano y micótico tan rápido que rendirá cualquier alimento como no apto para alimentar animales.
- El contenido de humedad de los alimentos afecta el contenido de nutrientes y económicamente representa una fracción que el cliente paga como alimento siendo “agua”.

Proteína Cruda: proporciona la información de cuanta proteína contiene el alimento y se define como $N^{\circ} \text{ Kjeldahl} \times 6,25$, que deriva del hecho de que las proteínas, en promedio, contienen un 16% de N ($100/16=6,25$). En el caso de la leche y la caseína se utiliza 6,39 y para la harina de trigo 5,75. En esta fracción se incluye la proteína verdadera y el nitrógeno

no proteico (NNP) como aminoácidos libres, ácidos nucleicos, aminos, amidas, etc. NO_3^- y NO_2^- también son NNP pero no se detectan por Kjeldahl. El análisis de proteína de un alimento, indicara solamente si la empresa que lo produce está cumpliendo con su registro ante el I.N.S.A.I, pero no asegura nada con respecto a la satisfacción de las necesidades de aminoácidos de los animales.



Fig 4: Destiladores y Digestores Kjeldahl para la Determinación de Proteínas y Fibra Bruta.

Grasa - Extracto Etéreo (EE): es un estimador de la fracción lipídica del alimento, aunque incluye otras sustancias no lipídicas como vitaminas liposolubles (A,D,E,K), algunos pigmentos y ciertas hormonas. La determinación se realiza mediante un extractor denominado Soxhlet. Los niveles de grasa se pueden interpretar como un indicador parcial del nivel energético que pueda tener un alimento pero de ninguna manera de su eficiencia total.

Fibra Bruta: también se le denomina Fibra Cruda y pretende ser un estimador de los carbohidratos estructurales. Se determina mediante la extracción con éter y con hidrólisis con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, pretendiendo simular una digestión ácida (estómago) y una alcalina (intestino), por lo cual representaría la fracción indigestible de los carbohidratos. A pesar de la imprecisión con la cual estima el contenido de carbohidratos estructurales, a mayor Fibra Bruta menor digestibilidad. La definición de fibra cruda es un intento para separar los carbohidratos más fácilmente digeribles de aquellos que no lo son. El hervir la

muestra en ácidos y Álcalis es un ensayo que tiende a imitar al proceso natural que ocurre en las vías digestivas. El contenido de fibra es solamente una rápida aproximación al material digerible de los alimentos, no tiene un valor particular para los animales monogástricos y su exceso por lo general, va acompañado por baja energía.

Ceniza: es el residuo inorgánico que resulta de incinerar el alimento a 550 °C. Esta fracción contiene los minerales y la sílice pero no necesariamente los indica con una alta eficiencia. Frecuentemente su uso es; solamente para estimar los carbohidratos presentes por diferencia.

Extracto Libre de Nitrógeno (E.L.N): se determina extrayendo de 100 la suma de los porcentajes de humedad, proteína, grasa, fibra y ceniza, esto implica que su determinación arrastra los errores cometidos en la determinación de las otras fracciones. Representa una manera de evaluar la cantidad de energía que tiene un alimento o ingrediente.

Mientras la ciencia de la nutrición animal, la genética tanto animal como vegetal y la ingeniería hicieron un avance impresionante a través de los años, el sistema de análisis proximal se mantuvo invariable en todo el mundo y es hasta hoy el utilizado por las entidades oficiales para controlar la calidad de los alimentos balanceados.

La Calidad del Pellet:

La Calidad del Péllet es difícil de definir puesto que es una combinación de varios factores. Algunos son sólo de preferencia personal pero otros pueden y deben medirse. Entre estos factores se tienen los subjetivos como el color, textura de superficie, brillo y palatabilidad y los objetivos y medibles como la durabilidad, dureza, longitud y porcentaje de finos o nivel de polvo. Los Pellets para cumplir con una buena calidad Física deben tener las siguientes características:

- Buen aspecto
- Libre de Finos



Fig 5: Alimento Balanceado para Animales Pelletizado.

- Sin grietas
- Longitud uniforme
- Ser duros, al menos lo necesario para soportar la presión durante el almacenamiento
- Ser durables, lo suficiente para soportar el manejo que reciban entre la fabricación y el momento de suministrarlos a los animales

Métodos Físicos de Control de Calidad del Péllet:

Durabilidad: se define como un patrón o parámetro de análisis físico y se fundamenta en la cantidad de pellets o crumblers (migajas) recuperados después de haber sido sometidos a una agitación bien sea mecánica o neumática, que simula el transporte y manejo del alimento pelletizado en condiciones normales dentro de la Planta. Este parámetro es expresado en forma de porcentaje. Actualmente se tiene muy definido un Índice de Durabilidad nombrado PDI por sus iniciales en inglés (Pellet Durability Index). Eventualmente se puede conseguir

información donde se reporta el PDI como el porcentaje de finos creados durante la prueba de abrasión de los pellets, en lugar de ser reportado como el porcentaje de pellets recuperados, pero esta última definición es más congruente y acertada con el término de durabilidad, ya que de esta manera un elevado PDI (92-95 %) califica a un alimento durable de alta calidad.

Dureza: técnicamente se define como la resistencia que opone un cuerpo a las fuerzas de deformación. A diferencia del término anterior, la dureza de un p  let se define como la cantidad de fuerza que se necesita para romper un p  let o una serie de pellets al mismo tiempo. Este parámetro es expresado en Kg/Cm². Por su parte, el análisis de la dureza del pellets se efectúa al menos media hora después de haberse enfriado el pellet, mientras que el análisis de la durabilidad es efectuado inmediatamente que el pellet desaloja el enfriador.

Porcentaje de Finos: se define como la fracción de alimento que no corresponde a un pellet entero y se determina mediante el tamizado del alimento.

II.3.3. Digestibilidad:

Es la proporción de alimento ingerido que no aparece en las heces, por lo tanto, se asume que es utilizable por el animal luego de su absorción en el tracto digestivo. No tiene en cuenta las pérdidas por metano (eructaci  n). Se expresa en porcentaje (%).

$$Digestibilidad\ Aparente = \frac{(Consumo - Heces) * 100\%}{Consumo} \quad (1)$$

$$Digestibilidad\ Real = \frac{(Consumo - (Heces\ Totales - Heces\ Metabolicas)) * 100\%}{Consumo} \quad (2)$$

El valor de digestibilidad real es superior al de la aparente ya que descuenta las pérdidas por productos metabólicos como descamaciones epiteliales del tubo digestivo, enzimas y jugos digestivos. En el caso de los compuestos nitrogenados, en las heces aparece nitrógeno de los siguientes   rdenes:

- Nitrógeno del alimento no digerido.
- Nitrógeno de las células epiteliales del tubo digestivo.
- Nitrógeno de las enzimas y sustancias segregadas en intestino.
- Nitrógeno de la síntesis microbiana en ciego y colon.

Factores que afectan la digestibilidad:

Efecto Animal: por diferencias en el sistema digestivo la Digestibilidad medida en ovinos es superior a la medida en vacunos cuando la digestibilidad es superior a 66%; por debajo de 66% de digestibilidad el caso es inverso. Esto indica una mayor capacidad para digerir la fibra en vacunos.

Efecto de la composición del alimento y de la ración: los alimentos que varían poco en su composición química de una partida a otra (granos) presentan pocas variaciones en la digestibilidad. La digestibilidad de un alimento depende de su composición y de la de los otros alimentos ingeridos con éste. Efectos asociativos positivos y negativos que pueden aumentar o disminuir la digestibilidad de cada alimento por separado, por lo cual, la digestibilidad de la ración no puede calcularse como el promedio de la digestibilidad de cada componente por separado.

Efecto del nivel de consumo: a mayor consumo, menor resulta la digestibilidad de un alimento. Esto resulta de un aumento en la velocidad de pasaje como consecuencia de un mayor empuje. Cuando el consumo aumenta desde un nivel de mantenimiento al doble de mantenimiento, la digestibilidad cae entre 1 y 3 unidades porcentuales. La caída es mayor en alimentos de mayor calidad.

Efecto del procesamiento del alimento: el tratamiento térmico disminuye factores antitripsicos, genera cocción y gelatinización de los almidones y plastificación de las proteínas favoreciendo así la digestión.

II.4. Energía de los Alimentos:

El valor energético de un alimento puede ser expresado de diferentes formas:

- Energía Bruta (EB).
- Energía Metabolizable (EM):
 - Energía Metabolizable Aparente
 - Energía Metabolizable Verdadera

II.4.1. Energía Bruta (EB):

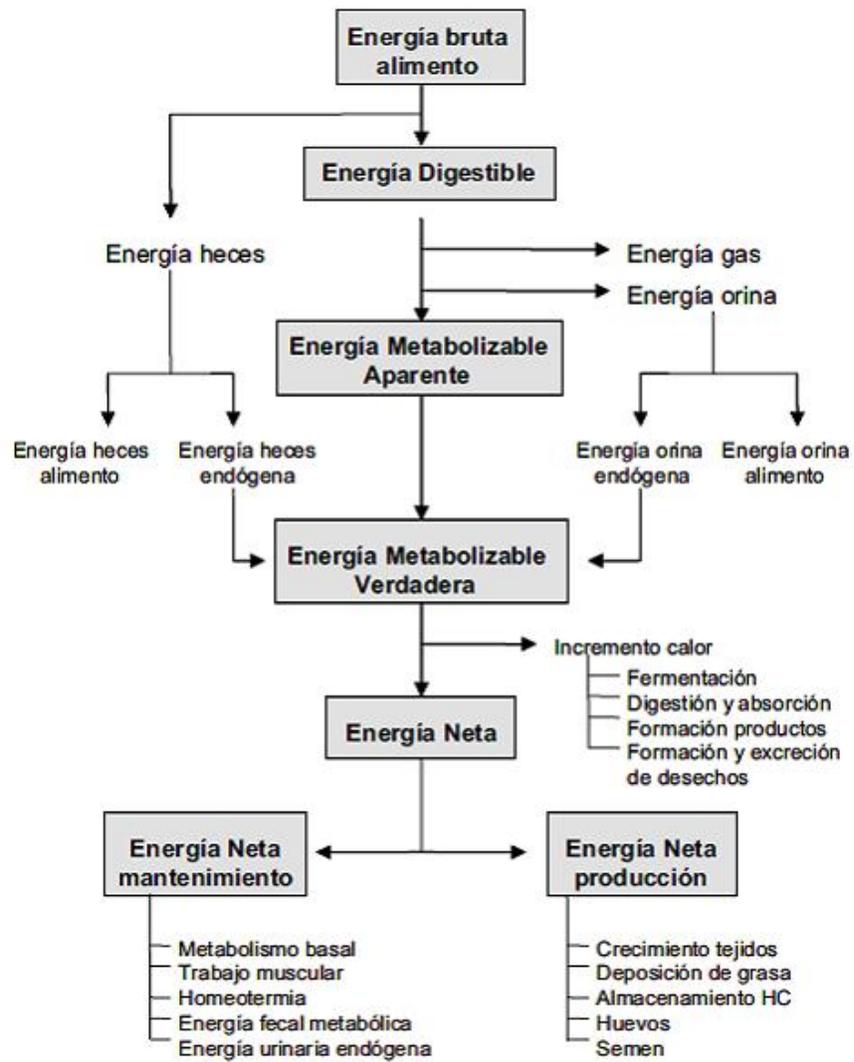
Se define como la cantidad de calor producido por un compuesto cuando lo oxidamos completamente en una Bomba Calorimétrica en presencia de oxígeno a presión constante, se expresa generalmente en Kcal/kg. La Energía Bruta de un Alimento presenta muy poca importancia desde el punto de vista nutricional ya que alimentos que poseen valores idénticos de EB son utilizados en forma diferente tal es el caso del Heno de Paja (4,5 Kcal/g) y del maíz de grano (4,4 Kcal/g) donde los componentes de la pared celular del heno de paja y los carbohidratos presentes en el grano de maíz son los factores más importantes en que uno sea más asimilable que el otro (Burgos, 1989).

II.4.2. Energía Metabolizable (EM):

Es un valor que nos representa la energía que queda disponible para los procesos metabólicos del animal y constituye un balance entre la energía bruta del alimento menos la energía de las heces entre la cantidad de alimento suministrado. Es empleado como medida del contenido energético en alimentos y materias primas. Su estimación depende de la metodología aplicada.

a) Energía Metabolizable Aparente (EMA): La EMA se puede determinar a partir de pruebas de balance entre la cantidad de energía consumida y la excretada, corresponde al valor calórico que se obtiene de restar a la EB del alimento, la energía fecal y la energía de la orina. El uso del ave facilita esta determinación porque la excreta contiene conjuntamente, las heces y la orina. También se encuentran sustancias de origen endógeno y metabólico.

b) Energía Metabolizable Verdadera (EMV): Es el valor calórico que se obtiene de restar a la energía bruta del alimento, la energía fecal, la energía de la orina y la energía endógena fecal (Burgos, 1989). En el método de (Sibbald, 1976) se utiliza gallos adultos los cuales son sometidos a un ayuno de 24 horas y luego con un embudo se procede a suministrarles 40 g de alimento en forma forzada recolectando las excretas por 48 horas. Paralelamente de los gallos que reciben la dieta experimental se dejan algunos en ayuno y se les recolecta sus excretas en el mismo periodo que los otros animales de la prueba que reciben el alimento experimental. (De Basilio, 1993). Los nutrientes y la energía de las excretas de los gallos en ayuno son considerados como el componente de excreción endógena y es usado para corregir los valores de excreción total de los gallos de la prueba y convertirlos en excreción exclusivamente de la dieta (De Basilio, 1993).



Extraído de Sibbald, 1982

Fig 6: Diagrama de tipos de Energías (Sibbald, 1982)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se expondrá la manera de proceder para ejecutar los objetivos planteados. Se presentarán los métodos a utilizar en las pruebas a realizar y se especificarán los equipos e insumos a emplear.

III.1. Revisión Bibliográfica y de Antecedentes de la Empresa

Se revisaron distintas fuentes bibliográficas, publicaciones impresas, material digital, antecedentes y experiencias prácticas de la Empresa Agrobueyca S.A., en conjunto con material didáctico como manuales de equipos, la instrucción del personal de la empresa y manejo de los controles de operación en planta. Adicionalmente se realizaron durante 15 días las tareas rutinarias de las Áreas de Aseguramiento de la Calidad y Producción. Todo esto con el objetivo de generar distintas hipótesis que permitirán analizar cómo afecta al alimento en estudio su fabricación.

III.2. Propuestas Operativas y Fabricación de los Alimentos Experimentales Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium®.

Con la información recopilada en la revisión bibliográfica y analizando los antecedentes de calidad del alimento reportados en la empresa, se realizó una selección de los parámetros operativos a modificar al momento de producir los alimentos experimentales. Estas modificaciones son producto del análisis exhaustivo del proceso y de la evaluación de los efectos que cada parámetro produce en la calidad nutricional del alimento. La fabricación de los alimentos experimentales se realizó en el panel de control de la planta por medio del software de Producción, donde se generó una orden de producción del Alimento Cerdo Pre-Iniciador

Precoz Premium® receta 10101, versión 157 y se establecieron los parámetros operativos de agua y grasa adicionados por mezclador. Se establecieron la temperatura de acondicionamiento, Velocidad del Alimentador, apertura del expander y adición de grasa por couter. Los alimentos fueron pelletizados por una misma línea, conservando la temperatura de salida del enfriador a 32 °C y se almacenaron en tres silos distintos para su despacho en sacos de 20 Kg.

En cada alimento producido por medio de los indicadores del panel de control del proceso se monitoreó y registró los consumos de energía de la pelletizadora, la tasa de producción, eficiencia de pelletización y la temperatura a la salida del acondicionador.



Fig 7: Software del Panel de Control de la Planta Agrobueyca S.A.

III.3. Determinación de los Parámetros de Calidad del Alimento:

Con el objetivo de cuantificar los parámetros de calidad en todos los alimentos producidos se realizaron Análisis Proximales y Físicos. Estos análisis corresponden a mediciones de rutina realizadas por la Empresa para garantizar la Calidad y cumplimiento de la (Hoja Técnica

de Productos Terminados Agrobueyca S.A., 2009) Dichos resultados se realizaron en los Laboratorios Físico y Químico de la Empresa.

III.3.1. Análisis Proximales:

Humedad: la Determinación de la Humedad se realizo según la Norma COVENIN 706-74 y COVENIN 1273 y la metodología de (Instructivo de Trabajo de Laboratorio Químico Agrobueyca S.A., 2006).

Proteína Bruta: según la metodología del (Instructivo de Trabajo de Laboratorio Químico Agrobueyca S.A., 2006) basado en el Método de Kjeldahl, se determino la Proteína Bruta contenida en los Alimentos producidos.

Grasa: según la metodología del (Instructivo de Trabajo de Laboratorio Químico Agrobueyca S.A., 2006) basado en el Método de Extracción por Solventes Orgánicos se cuantifico la grasa contenida en los aba producidos bajo los distintos tratamientos.

Fibra Cruda: empleando la metodología del (Instructivo de Trabajo de Laboratorio Químico Agrobueyca S.A., 2006) bajo el principio del Método de Extracción con Ácidos y Alcálisis se determino la fibra cruda contenida en los alimentos estudiados.

Cenizas: basado en la metodología del (Instructivo de Trabajo de Laboratorio Químico Agrobueyca S.A., 2006) por Incineración por Mufla a 600 °C se estimo el contenido de cenizas en los Alimentos.

E.L.N (Extracto Libre de Nitrógeno): empleando los resultados anteriores de humedad, proteína, grasa, fibra y ceniza y según la siguiente formula se calculo este parámetro.

$$E.L.N = 100 - \%Humedad - \%Proteina Cruda - \%Grasa - \%FibraCruda - \%Cenizas \quad (3)$$

III.3.2. Análisis Físicos:

Humedad: se estimó en los alimentos fabricados y en la harina proveniente del mezclador horizontal en el momento de su fabricación, esto con el objetivo de verificar variaciones de éste parámetro producto de su procesamiento. Para ello se empleó una Termobalanza AKI-90-9, la cual permite una rápida determinación con una precisión de 0,1 %.

Temperatura: la temperatura se midió en el alimento producido y en el producto del mezclador horizontal, esto con el objetivo de verificar las variaciones de la misma y poder determinar si el proceso de enfriamiento de los pellets está siendo efectivo. Para esta medición se utilizó una Pistola de Termómetro Infrarrojo modelo AND-AD5611 con 1 °C de apreciación.



Fig 8: Pistola de Termómetro Infrarrojo modelo AND-AD5611

Durabilidad: este parámetro se determina colocando 150 g del alimento junto con 3 plomos esféricos en un Durabilímetro Sprout Matador a 500 vueltas, equivalentes a 60 rpm.

El contenido obtenido se tamiza en una malla de apertura de 2mm Sieve. No. 10 y se pesa en una balanza los pellets enteros que quedaron en el tamiz. El porcentaje de durabilidad se calculo restando a 150 g la cantidad de pellets enteros, dividiendo ese valor entre 150 y posteriormente multiplicándolo por 100 %.



Fig 9: Durabilímetro

Porcentaje de Finos: para cuantificar este valor se tamiza un 1 kilo de alimento en una malla de apertura de 2mm Sieve. No. 10 y se pesa en una balanza el contenido tamizado. El porcentaje de finos se obtuvo dividiendo la cantidad del contenido tamizado entre el peso de la muestra y multiplicándolo por 100 %.

III.4. Determinación de Lisina Disponible en Alimentos, Método ácido Trinitrobencenosulfónico:

La determinación de Lisina Disponible de Alimentos se realizó en la Universidad Simón Bolívar según la Metodología del manual de Prácticas de Laboratorio de Análisis de Alimento (PB 6281) de (Guerra, Sangronis, y Torres, 2008).



Fig 10: Tamiz 2mm Sieve. No. 10

Fundamento:

La proteína se hace reaccionar con Trinitrobencenosulfónico (TNBS), el cual reacciona con los grupos de lisina libres. Los ensayos espectrofotométricos para determinar la lisina disponible, involucran la reacción del TNBS con la proteína, hidrólisis de la muestra con ácido, y comparación de la cantidad de lisina TNBS-reactiva, con un estándar.

Reactivos:

- Solución de bicarbonato de sodio al 4%: Disolver 40 g de $NaHCO_3$ en agua destilada y llevar a un litro. Es muy importante regular el pH a 8,5.
- Solución de ácido (TNBS) al 0,2%: Agregar 1 ml de TNBS en un balón de 25 ml de capacidad y llevar a volumen con agua destilada.
- Patrones de Lisina: Disolver 20 mg de Lis.HCl en $NaHCO_3$ al 4% y llevar a 100 ml (Esta solución contiene 161 μ g de Lis/ml). De esta solución stock tomar los volúmenes

y añadir las cantidades de $NaHCO_3$ al 4% indicadas en la tabla.

Tabla 1: Tabla de relación volumen para el $NaHCO_3$

VOL. SOL. STOCK LIS (ml)	VOL. $NaHCO_3$ 4% (ml)	VOL. SOL. CONC. LIS μ Lis/ml
20	0	161
15	5	121
10	10	81
5	15	40
2,5	17,5	20
0	20	0

Tratamiento previo de la Muestra:

- La muestra debe ser molida a 80 mesh.
- Disolver una cantidad apropiada de la muestra de manera de obtener una concentración de 1 mg de proteína por ml de solución de $NaHCO_3$ al 4%. Homogeneizar en desintegrador de tejidos a velocidad 3 rpm durante 45 seg.
- Para las muestras de dietas calentadas use 20 mg y añada 10 ml de $NaHCO_3$ al 4%. Proceda a homogeneizar de la misma forma que en el caso anterior.
- Para las proteínas puras como caseína, soya o lactoalbumina pesar 20 mg y añadir 20 ml de $NaHCO_3$ al 4%.
- Para mezclas caseína-glucosa pesar 40 mg en 20 ml de $NaHCO_3$.

Procedimiento:

1. Transferir 1 ml de cada una de las soluciones patrones (previamente preparadas como se indicó en la tabla anterior) a tubos de 16 x 150 y añadir 1 ml de TNBS. Agitar.
2. Tomar 1 ml por triplicado de cada una de las suspensiones de muestra (después de homogeneizar) en tres tubos de 16 x 150. A uno añadir 3 ml de HCl concentrado (este tubo es el blanco de muestra). Agregar 1ml de TNBS a cada tubo. Proceder de igual forma para la caseína o proteína patrón.
3. Colocar todos los tubos en una gradilla e incubar durante 2 h a 40 °C en un baño de agua sin agitación.
4. Al terminar la incubación, agregar 3 ml de HCl concentrado a todos los tubos a los que no se les agregó ácido al comienzo de la incubación (curva y muestras a excepción de los blancos).
5. Colocar en autoclave a 15 lb de presión y 121 °C durante 60 min.
6. Si las muestras están oscuras al salir del autoclave, filtrar a través de papel Whatman N° 4 (o su equivalente) recogiendo el filtrado en balones aforados de 10 ml de capacidad, enrasar con agua destilada.
7. Agregue 5 ml de agua destilada al resto de los tubos (curva y proteína patrón).
8. Leer absorbancia en espectrofotómetro a una longitud de onda de 346 o 450 nm contra el blanco de la curva. Hacer una regresión lineal y calcular el porcentaje de lisina disponible mediante la siguiente fórmula.

Cálculos:

$$\%LISINADISPONIBLE = \frac{(\mu g.Lis * V)}{(W * 10)} \quad (4)$$

Donde:

μg Lis: Leídos en la curva patrón.

V: Volumen total en que se disolvió la muestra en ml.

W: Peso de la muestra disuelta en mg.



Fig 11: Espectrofotómetro para las Mediciones de Absorbancia

III.5. Determinación de Energía Metabolizable

Para evaluar la calidad nutricional, de los alimentos se ha seleccionado, una de las técnicas más usadas denominadas pruebas de balance, dichas pruebas consisten en el suministro controlado de un alimento a un animal bajo ciertas condiciones, para permitir medir los nutrientes consumidos y los nutrientes excretados. La medida de lo consumido y lo excretado nos permite a su vez conocer cuánto y cuales nutrientes han sido digeridos. En Cerdos las pruebas de balance son más complicadas, por ello se ha utilizado un modelo de funcionamiento digestivo similar que es el Gallo adulto. Dentro de las posibilidades de evaluación de energía digerida o metabolizada, hemos seleccionado las pruebas de Sibbald, 1976, por ser rápida, precisa y requerir de pocos volúmenes de alimento.

En general uno de los elementos claves para esta evaluación es la medida del calor de combustión o calorimetría, donde en este caso el sistema usado es el del calorímetro de bomba (modelo de Parr). Según la Metodología de (Sibbald, 1976) se realizaron, pruebas de balance con el objetivo de determinar la Energía Metabolizable de los Alimentos A, B y C para establecer comparaciones que nos permitan conocer posibles diferencia en la digestibilidad de la energía. Para este ensayo se utilizaron 12 gallos adultos de 3 años de edad y raza Rhode Island Red, los cuales fueron agrupados de la siguiente manera:

- Tres gallos para ser alimentados forzosamente con cada Alimento Experimental.
- Un gallo por cada Alimento Experimental el cual no se le suministró alimento de ningún tipo a los que denominamos energía endógena.

Durante el primer día de la prueba se le realizo un ayuno de 24 horas a todos los animales, cumplido su ayuno se alimento forzosamente mediante la canulización de los animales con 40 g de alimento experimental, durante el tercer día de prueba se superviso los animales, su estado de salud y si alguno presenta regurgitación de alimento, a las 48 horas posteriores de su alimentación forzada se procedió a recolectar las excretas de los animales se almacenaron en envases de aluminio, se identificaron, se pesaron y se colocaron en estufa a 65 °C por 24 horas. Al día siguiente se pesaron nuevamente las excretas para su determinar materia Seca a 65°C y luego se maceraron, éste polvo producido se le determino Energía mediante un Calorímetro Adiabático Parr y materia seca a 105 °C. Con los resultados obtenidos se calculo la Energía Metabolizable Verdadera.

III.5.1. Determinación de la Energía en los Alimentos y Excretas

Calorímetro de Parr: El calorímetro de bomba (modelo de Parr) es un envase sellado que mediante una serie de camisas adiabáticas que aíslan el ambiente un volumen conocido de agua, del cual, la medida del aumento de la temperatura, luego de hacer una combustión de una muestra determinada, con la ayuda de un gas (oxígeno) y un chispa eléctrica. Este



Fig 12: Gallos Rhode Island Red

aumento de la temperatura del agua en medio aislado permite hacer estimaciones precisas de calor contenido en esa muestra y minimiza el intercambio de calor entre el sistema y el medio ambiente. El vaso de combustión se monta en el eje que, por accionamiento por polea desde un motor eléctrico, se puede hacer girar, y con sus paletas adicionales moverá el agua del vaso calorimétrico, garantizando una circulación en ciclo más activo de agitación.

III.5.2. Cálculo de La Energía Metabolizable Verdadera

Para esta medida, se utilizaron las formulas de cálculo siguientes:

$$EC(Kcal/Kg) = EBA * MScons(105C) \quad (5)$$

EC: Energía Consumida por el ave y producida por el alimento

EBA: Energía Bruta del Alimento

MScons (105°C): Materia Seca del Alimento Consumida a 105°C

$$MScons(105C) = AC * \%MS(105C) \quad (6)$$

AC: Alimento consumido por el animal

% MS (105°C): Porcentaje de materia seca a 105°C

$$EE(Kcal) = EBH * MSe(105C) \quad (7)$$

EE: Energía Excretada

EBH: Energía Bruta de las Heces

$$MSe(105C) = MS(65C) * \%MSh(105C) \quad (8)$$

MSe (105°C): Peso de las excretas de los gallos corregidas a 105°C

MS (65°C): Peso de las excretas de los gallos secadas a 65°C

% MSh (105°C): Porcentaje de materia seca de las heces a 105°C

$$EEEND(Kcal) = MSend(105C) * EBE \quad (9)$$

EEEND: Energía de la materia endógena de las heces corregida a 105°C

MSend (105°C): Peso de la materia endógena de las heces corregida a 105°C

EBE: Energía Bruta de la materia endógena de las heces

Finalmente la energía Metabolizable verdadera (EMV) se calcula como:

$$EMV(Kcal/Kg) = \frac{[EC(Kcal) - (EE(Kcal) - EEEND(Kcal))]}{(MScons(Kg))} \quad (10)$$

III.6. Pruebas de Crecimiento:

Una vez conocida la energía del alimento, es indispensable realizar pruebas de crecimiento utilizando los mismos comensales comerciales (cerdos destetados), con lo cual se puede confirmar los efectos posibles sobre la calidad del alimento, a través de la capacidad de los cerdos de crecer al consumirlos. Para poder obtener resultados de ganancia de peso y consumo de alimento, se realizó una Experiencia con dos pruebas de crecimiento. En cada prueba se utilizaron 20 cerdos para cada alimento experimental de raza Pietrain, recién destetados y de 21 días aproximadamente, fueron divididos en corrales de 10 animales cada uno. Se le suministro a cada corral un alimento experimental, representando entonces cada uno de ellos una unidad experimental y su respectivo duplicado.

Antes de recibir los animales se inspecciono y garantizo que las condiciones de espacio, disponibilidad de agua, tipo de comederos, suministro de luz artificial y condiciones ambientales para cada corral sean las mas semejantes, para poder así mantener controladas otras variables que puedan afectar el comportamiento, consumo y ganancia de peso del animal. Diariamente se realizó las supervisiones pertinentes para asegurar que los animales estén en buen estado de salud y con las condiciones favorables para su desarrollo en esa etapa, así mismo se le administró medicamentos o suplementos vitamínicos y minerales si uno de los lechones presentaba alguna patología o padecimiento durante la prueba. Bajo distintos criterios se podrá eliminar un animal del experimento, si éste presentara enfermedad u otras

complicaciones.

Por semana se pesaron juntos en una romana digital los 10 lechones que conforman cada corral y el consumo de alimento se calculo restándole el peso del alimento ofrecido el peso del alimento rechazado (alimento que quede en los comederos), este alimento se peso en una balanza de 1 Ton capacidad y 0,1 gramos de precisión. Esta actividad se realizo durante dos semanas y se hizo una repetición a 60 animales con las mismas características aplicando la misma metodología. Adicionalmente se realizaron los cálculos de conversión en carne del alimento que se define como la relación que hay entre el alimento consumido y la ganancia de peso del animal en un tiempo determinado.

Con los resultados de ganancia de peso, consumo de alimento y conversión, se realizaron estudios estadísticos de Análisis de la Varianza (ANOVA) a través del software "Stat View". El Análisis de la Varianza puede contemplarse como un caso especial de la modelización econométrica, donde el conjunto de variables explicativas son variables ficticias y la variable dependiente es de tipo continuo. En tales situaciones la estimación del modelo significa la realización de un análisis de la varianza clásica (ANOVA), de amplia tradición en los estudios y diseños experimentales. Ésta ANOVA nos permite determinar si entre variables que arrojan resultados similares existen diferencias estadísticas. Con esto se pretende tener resultados de la efectividad y aceptabilidad del alimento en los lechones, así como de alguna manera poder verificar el efecto de los parámetros operativos aplicados a los alimentos en el animal.



Fig 13: Cerdos Pietrain

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Posterior al cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, mediante la metodología anteriormente descrita en este capítulo se presentan los resultados y los respectivos análisis y discusiones que derivan de estos.

IV.1. Revisión Bibliográfica y de Antecedentes de la Empresa:

Posterior a las Revisiones Bibliográficas pertinentes y a los análisis y evaluaciones de los antecedentes del alimento en estudio, se determinó que los parámetros de producción que más afectan e intervienen en la calidad nutricional son la Formulación, Selección de Materias Primas y Tratamientos Térmicos. La formulación y la selección de materias primas corresponden a los parámetros que mayor incidencia tienen en un ABA, sin embargo no corresponden a un parámetro operativo ya que no se pueden modificar durante el procesamiento de un alimento. Generalmente vienen pre-establecidos y al momento de fabricar un alimento la fórmula ya está pre-calculada y en consecuencia fijada ya su materia prima.

El efecto de la temperatura juega un papel importante en los alimentos destinados a lechones (jóvenes) destetados ya que éstos incluyen en su fórmula ingredientes termolábiles, que por efecto del calentamiento, desmejoran en gran medida el valor nutricional. En trabajos de investigación se ha evidenciado de los efectos negativos del calentamiento al procesar piensos para animales (Stein, 2008) y como los ABA de arranque de lechones necesitan especial atención debido a que pueden ocurrir reacciones de Maillard como consecuencia de su contenido en reemplazantes lácteos (Peisker, 1994). Las Reacciones de Maillard generan combinaciones azúcar-proteína que confieren al alimento nuevos atributos biológicos y químicos que provocan la formación de enlaces indigestibles entre aminoácidos o entre aminoácidos y azúcares que trae como consecuencia una reducción en la digestibilidad. Si estos alimentos son acondicionados a una baja temperatura para evitar las consecuencias negativas que producen estas reacciones se

corre el riesgo de no promover otras reacciones que favorecen el mejoramiento físico y químico del alimento que repercuten en su valor como producto (durabilidad) o valor nutricional (sabor, palatabilidad, gelatinización de los almidones, etc).



Fig 14: Diagrama de una Planta de Alimentos Balanceados para Animales

IV.2. Propuestas Operativas y Fabricación de los Alimentos Experimentales Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium®.

Es poco viable obtener un control absoluto de todas las variables que afectan el procesamiento de un Alimento, el costo de los ingredientes es el responsable del 85% del precio de venta del alimento y supera el costo de producirlo por un factor de 20:1 (Payne et. al, 2002). Por eso un cambio en la fórmula y en consecuencia una revisión en los ingredientes, por cuestiones de producción se contempla como un último recurso, debido al potencial de incremento de costos que representa. Dentro de los ajustes operativos y de producción no sería práctico implementar aquellos que implican cambios mecánicos y grandes pérdidas de tiempo; tales como: cambiar la velocidad del eje del acondicionador, el ángulo de las paletas, el grosor del dado y su velocidad. Sin embargo, por tratarse de un parámetro operativo de fácil ajuste, es posible variar la temperatura de acondicionamiento, siendo éste un parámetro crítico en el procesamiento de alimentos destinados a lechones.

Por la complejidad y variabilidad que representa el control del procesamiento de un ABA, se decidió variar sólo un parámetro operativo y conservar los otros constantes, con el objetivo de obtener conclusiones más concretas, específicas y de mayor valor científico. El parámetro seleccionado fue la Temperatura de Acondicionamiento del alimento por el efecto que produce su tratamiento térmico en la calidad nutricional. Aunado a esta modificación se hicieron propuestas en otros parámetros productivos como la disminución de la Velocidad del Alimentador a 31 r.p.m, para obtener pellets mejor conformados y apertura del expander al 100 %, para evitar un calentamiento adicional del alimento antes de su pelletizado. En el mezclador se aumentó el porcentaje de agua añadido a 2,5 % con el objetivo de proporcionar mayor humedad al alimento y así poder facilitar el pelletizado del mismo. Con respecto a la grasa añadida se mantuvo en 2 % por mezclador y 3,35 % por couter. Las modificaciones ejecutadas en los parámetros antes descritos, con excepción de la temperatura de acondicionamiento, fueron producto en su mayoría de heurísticas del proceso, experiencia del personal de la empresa y sugerencias de los especialistas en el área, dado que no se realizó ningún experimento o ensayo que fundamentara estos cambios.

Para poder analizar cómo afectan estas modificaciones se fabricaron 6 TNM del Alimento Cerdo Pre-Iniciador Precoz Premium® receta 10101, versión 157, que fueron pelletizados por separado, de tal manera que 2 TNM se acondicionaron a 55 °C, 2 TNM a 65 °C y por último 2 TNM a una temperatura 75 °C, estos ABA experimentales se identificaron como "Alimento A", "Alimento B" y "Alimento C".

En las siguientes Tablas y Gráficos se recopilan la información arrojada por el Panel de Control de Producción de la Planta de la Empresa, donde se indica los principales parámetros operativos con los cuales se fabricaron los Alimentos bajo los distintos Tratamientos. En las figuras 15, 16 y 17 se reportan como varían en el tiempo los parámetros de consumo de electricidad del motor de la pelletizadora y expander, velocidad del sin fin del acondicionador, apertura de la válvula de vapor y del expander, temperatura de salida del acondicionador y del expander, capacidad de producción de la pelletizadora y eficiencia del tren de pelletizado.

Tabla 2: Parámetros Operativos de la Producción del Alimento “A”

	Temp. Acond ¹	Velocidad Tolva Alimentación	Expander	Capacidad/Tasa de Producción	Consum. Pellets ²	Efic. Pellets
Prom.	56 °C	31 rpm	100%	10,77 Ton/h	295 Amp	8,7 Kwh/Ton

¹Temperatura de Salida del Acondicionador/²Consumo del Motor de la Pellets

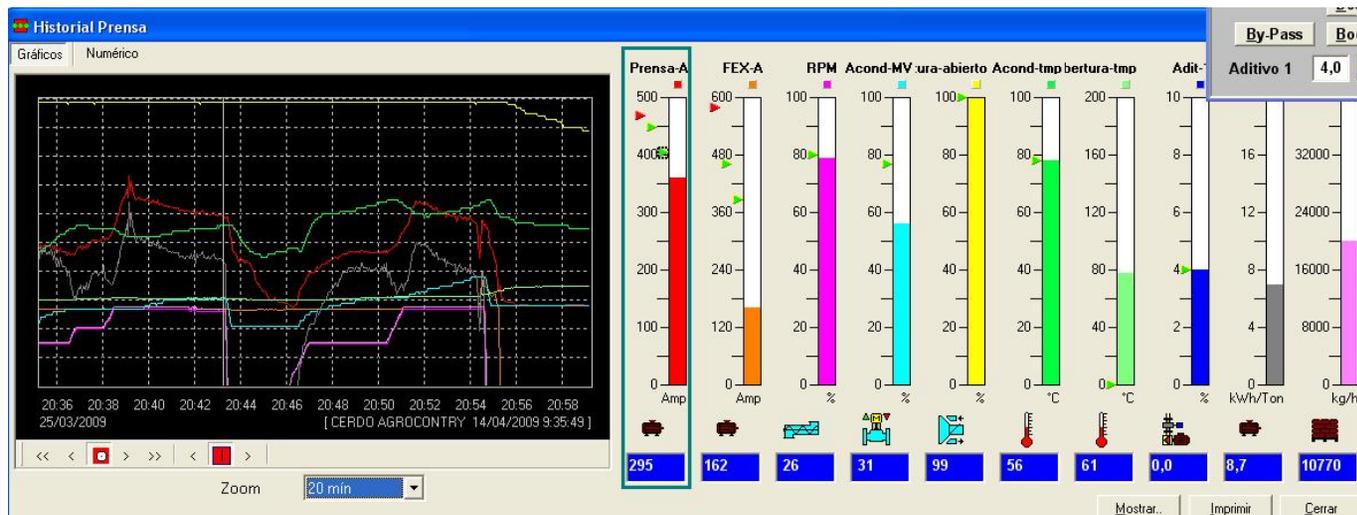


Fig 15: Registro de Parámetros de Producción del Alimento “A”

Tabla 3: Parámetros Operativos de la Producción del Alimento “B”

	Temp. Acond ¹	Velocidad Tolva Alimentación	Expander	Capacidad/Tasa de Producción	Consum. Pellets ²	Efic. Pellets
Prom.	66 °C	31 rpm	100 %	- Ton/h	138 Amp	- Kwh/Ton

¹Temperatura de Salida del Acondicionador/²Consumo del Motor de la Pellets

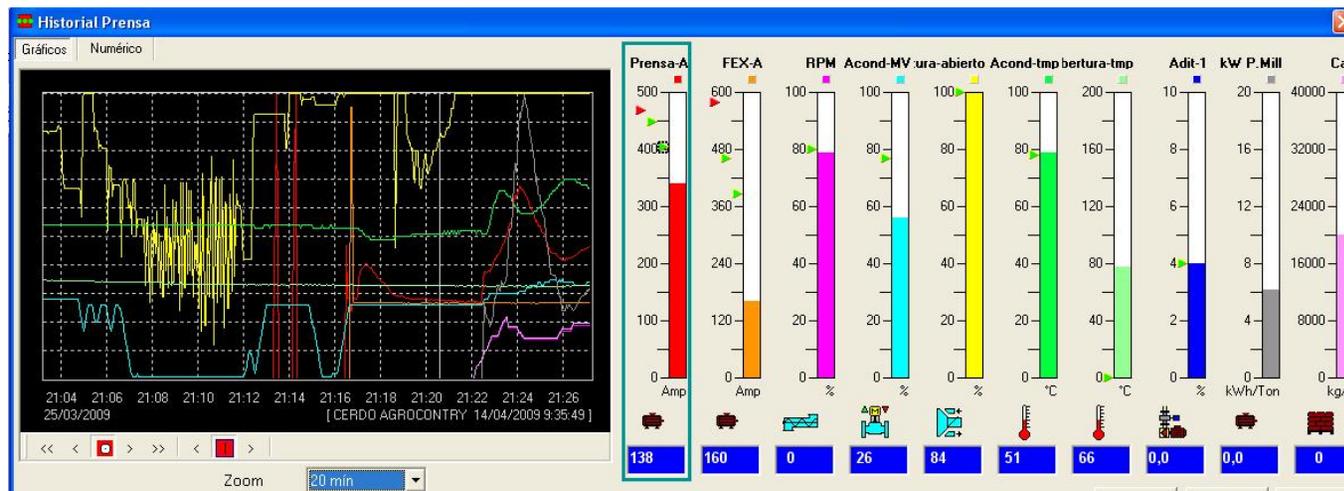


Fig 16: Registro de Parámetros de Producción del Alimento “B”

Tabla 4: Parámetros Operativos de la Producción del Alimento “C”

	Temp. Acond ¹	Velocidad Tolva Alimentación	Expander	Capacidad/Tasa de Producción	Consum. Pellets ²	Efic. Pellets
Prom.	74 °C	31 rpm	100%	7,04 Ton/h	219 Amp	5,8 Kwh/Ton

¹Temperatura de Salida del Acondicionador/²Consumo del Motor de la Pellets

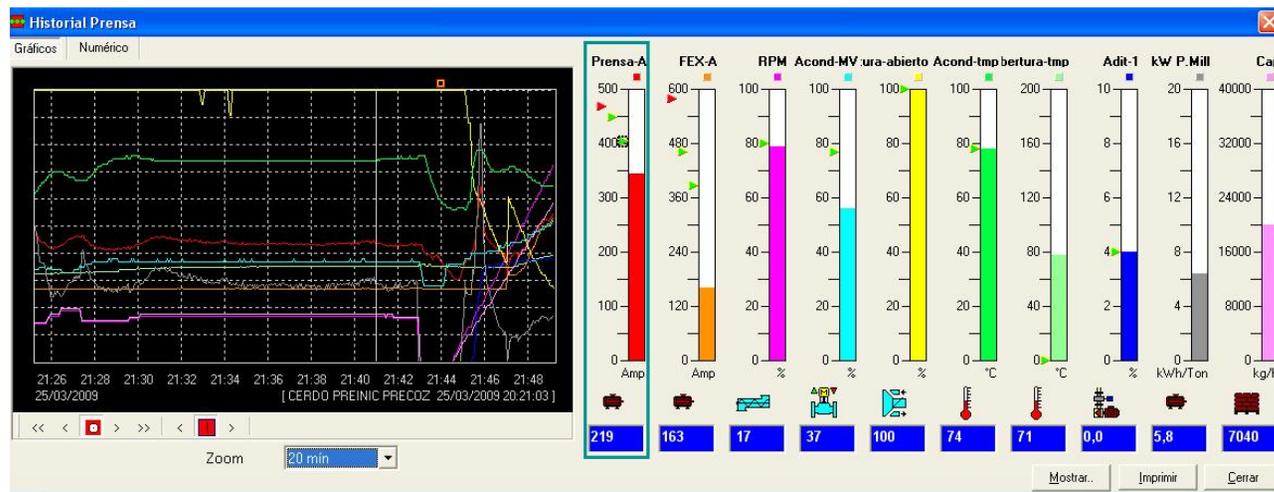


Fig 17: Registro de Parámetros de Producción del Alimento “C”

- Se presentaron variaciones en las mediciones del consumo del Motor de la Pellets en la fabricación del alimento "A" y "B", fenómeno que no se presentó en el alimento "C". Este hecho estuvo relacionado con la velocidad del acondicionador dado que no se mantuvo constante en los dos procesos y que el acondicionador entre la fabricación de un alimento y otro se mantuvo parcialmente vacío. Todas estas alteraciones en el proceso producen que el flujo del alimento no se mantenga constante lo cual genera que el efecto de los distintos tratamientos térmicos no sea aplicado de manera uniforme y constante en los alimentos procesados por cual son propensos al deterioro de sus cualidades físicas y nutricionales.
- No se registraron desviaciones importantes en el pesado de los ingredientes al momento de su dosificación al mezclador horizontal, lo cual garantiza la conformidad y proporción de los ingredientes de la fórmula en el alimento.
- Las Temperaturas Promedios de Acondicionamiento de los Alimentos se mantuvieron en los valores provistos por lo cual se tiene el efecto térmico deseado en cada alimento experimental lo que permite una evaluación precisa en cada temperatura estudiada.
- Por las desviaciones y variaciones los Parámetros de Capacidad y Eficiencia de Pelletizado de los Alimentos "A" y "B" no es confiable utilizar esos datos para posteriores análisis ya que no proporcionan información acertada acerca del comportamiento de prensa pelletizadora.
- El procedimiento experimental empleado para procesar las 6 TNM de manera fraccionada bajo tres temperaturas distintas de acondicionamiento produjeron variaciones en los parámetros operativos, en consecuencia no se mantuvieron constantes durante el procesamiento de los alimentos "A" y "B". La maquina pelletizadora de La Empresa esta diseñada para procesar un lote de 6 TNM de alimento por orden de producción como valor mínimo, si este valor se ve reducido como lo ocurrido en la metodología aplicada se corre el riesgo de disminuir el flujo de alimento con el cual fue diseñado los equipos pre-pelletizado como lo son el acondicionador, expander, entre otros. Este hecho genera que tanto los motores de los equipos como el trabajo de transporte producido

por cilindros sinfín sufran fluctuaciones en su funcionamiento, lo cual es degenerativo en los cambios físico-químicos del alimento y en su conformación final de pellet.

IV.3. Resultados de los parámetros de calidad del alimento

En las siguientes tablas se presentan los resultados Físico - Químicos del Alimento Pelletizado y de la mezcla que se utilizó para producir el mismo. Estos análisis corresponden a mediciones de rutina realizadas por la Empresa para garantizar la Calidad y cumplimiento de la Hoja de Técnica de Productos Terminados. Dichos resultados se obtuvieron en los Laboratorios Físico y Químico de la Empresa y en el caso de los Análisis Proximales fueron realizados por personal de la Empresa.

Tabla 5: Análisis Físicos de los Alimentos:

ALIMENTO	Humedad (Mezc. / P.T) ¹	Temp. (Mezc. / P.T) ²	Durabilidad (PDI)	% de Finos
A	10,63 % / 10,47 %	29 °C / 30 °C	85,33 %	3,59 %
B	10,63 % / 10,50 %	29 °C / 30 °C	90,66 %	2,64 %
C	10,63 % / 11,38 %	29 °C / 29 °C	89,33 %	3,60 %

Medidos al momento de la fabricación de los alimentos

¹ Humedad (Mezc. / P.T) Humedad de la Mezcla / Humedad del Producto Terminado
² Temperatura (Mezc. / P.T) Temperatura de la Mezcla / Temperatura del Producto Terminado

- Todos los Parámetros Físicos exceptuando el porcentaje de finos se mantuvieron dentro de los rangos de Calidad prescritos por la Empresa en la (Hoja de Técnica de Productos Terminados Agrobueyca S.A., 2009). Estos resultados representan un gran avance en el estudio del procesamiento ya que en los antecedentes del alimento en estudio sus valores físicos y en especial la durabilidad no se encontraban en rango con los valores prescritos por el departamento de aseguramiento de la calidad.
- La menor Durabilidad correspondió al Alimento "A", fenómeno que se produjo en consecuencia de ser el alimento acondicionado a la más baja temperatura lo cual no permite una efectiva gelatinización de los almidones y una mayor activación de los mismos generando en el pellet un desmejoramiento en su aspecto físico.

- A pesar de reportar el Alimento "C" el mayor porcentaje de finos es importante mencionar que fue el último alimento que se pelletizó, por cual en su procesamiento ocurre el proceso de retorno de finos que en cierto grado disminuye la cantidad pellets enteros en el lote producido.
- La mayor Durabilidad y el menor Porcentaje de Finos correspondió al Alimento "B" ya que su pelletizado no estuvo afectado por el retorno de finos.
- El Alimento "C" reporto la mayor humedad entre los tres tratamientos aplicados ya que se necesitó mayor inyección de vapor para su acondicionamiento por tratarse del alimento experimental de mayor temperatura de procesamiento.

Tabla 6: Análisis Proximales de los Alimentos

ALIMENTO	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	E.L.N (%)
A	9,40 / 9,62	17,21 / 18	9,12 / 9,57	2,75 / 1,05	10,54 / 5,96	50,98 / 55,5
B	9,58 / 9,62	17,22 / 18	8,90 / 9,57	2,82 / 1,05	11,58 / 5,96	49,9 / 55,5
C	10,27 / 9,62	17,01 / 18	8,60 / 9,57	2,63 / 1,05	10,84 / 5,96	50,18 / 55,5

(Valor Medido / Valor Esperado) - Proporcionados por el Laboratorio Químico de la Empresa Agrobueyca S.A.

- Todos los valores de Análisis Proximales a excepción de la estimación de Cenizas y Fibra se mantuvieron en los rangos permitidos de la (Hoja de Técnica de Productos Terminados Agrobueyca S.A., 2009).
- Los altos valores reportados de cenizas corresponden a material inorgánico contenido en los alimentos. Este contenido pudo ser producto de impurezas arrastradas en el proceso por mallas deterioradas y producto de contaminantes contenidos en las materias primas.
- El alto porcentaje de Fibra observado puede ser producto de un mal muestreo del alimento o que la muestra analizada no es representativa. Generalmente los análisis proximales son una guía generalizada del contenido nutricional del alimento sin embargo muchas veces reportan valores errados en sus determinaciones producto de que estiman asociaciones de compuestos químicos que responden a reacciones analíticas.

- No se registraron mayores diferencias entre las mediciones de proteína de los tres Alimentos, lo cual representa una efectiva dosificación de los ingredientes al momento de la producción.
- Entre las mediciones de los Análisis Proximales de los alimentos estudiados no existen diferencias apreciables lo que comprueba que la proporción de ingredientes en cada alimento es la misma ya que provienen todos de una misma mezcla.

IV.4. Resultados de la determinación de Lisina disponible en alimentos.

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de la cantidad de Lisina Disponible en los alimentos estudiados, así como el gráfico que corresponde al ajuste de curva que se utilizó para estimar este contenido.

Tabla 7: Porcentaje de Lisina Disponible en Las Muestras

Muestras	ALIMENTO	% LISINA DISP	% Sólidos	% LISINA BASE SECA
A1	MEZCLA	1,265	89,37	1,416
A2	"A"	1,339	89,53	1,495
B2	"B"	1,337	89,5	1,494
C1	MEZCLA	2,466	89,42	2,758
C2	"C"	1,868	88,62	2,108



Fig 18: Mediciones de Absorbancia

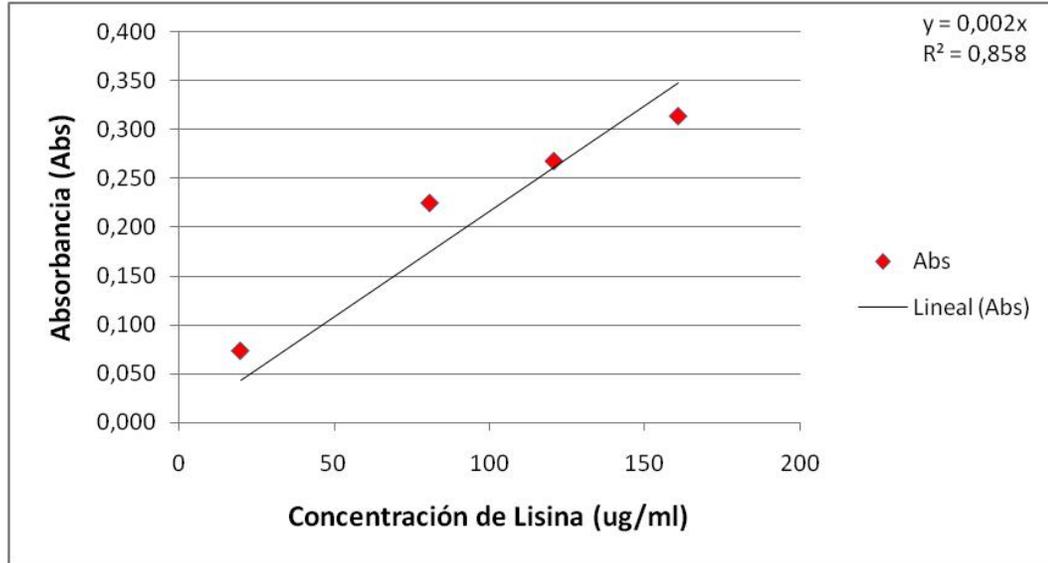


Fig 19: Ajuste de Curva Correspondiente a la Absorbancia y la Concentración de Lisina

- La determinación de Lisina Disponible de la muestra "A1" no se considera representativa ya que su valor está por debajo del valor de su muestra gemela la "C1" y de los valores obtenidos en los productos terminados. Este resultado no acorde posiblemente se deba a la gran cantidad de pasos intermedios del Método utilizado lo que en consecuencia aumenta el error asociado en las determinaciones.
- El contenido de Lisina Disponible se reduce en las muestras sometidas a Tratamiento Térmico, esto se toma como evidencia de que las reacciones de maillard disminuyen la disponibilidad de Lisina, patrón que se observa al comparar y contrastar los resultados de lisina disponible de la muestra "C1", correspondiente a la mezcla, con las muestras "A2", "B2" y C2" correspondientes a los alimentos ya procesados.
- No existe una diferencia significativa entre los contenidos de Lisina de la muestras "A2" y "B2", este hecho sugiere que la diferencia de 10 °C entre estos alimentos no es suficiente para aumentar el avance de la Reacción de Maillard e incidir sobre la Disponibilidad del aminoácido medido.
- Según los requerimientos de Lisina de 5,3 g / día referenciado en la tabla de Requerimientos y Dosis de Nutrientes para Cerdos alimentados Ad Libitum de (Feed

Industry Red Book Nutrient Tables, 1998), el porcentaje de lisina disponible contenido en la muestra de la mezcla "C1" y en el alimento experimental correspondiente a la muestra "C2" están acordes con dicho requerimiento si el animal consume los 4,8 Kg correspondientes a esa etapa recomendados en el (Plan de Alimentación Agrobueyca, 2009).

- El alimento que reporta mayor concentración de Lisina fue el Acondicionado a 75°C, representado por la muestra "C2". A pesar de ser el alimento que se le aplicó mayor temperatura y la Reacción de Maillard se ve favorecida por este fenómeno, también es importante resaltar que la Actividad de Agua controla su velocidad. Por encima de 0,6 de A_w (Actividad de Agua) decrece la velocidad de la reacción de Maillard (Eichner, Karel, 1972.). Se presume que este alimento al reportar la mayor humedad disminuyó el avance de esta reacción.

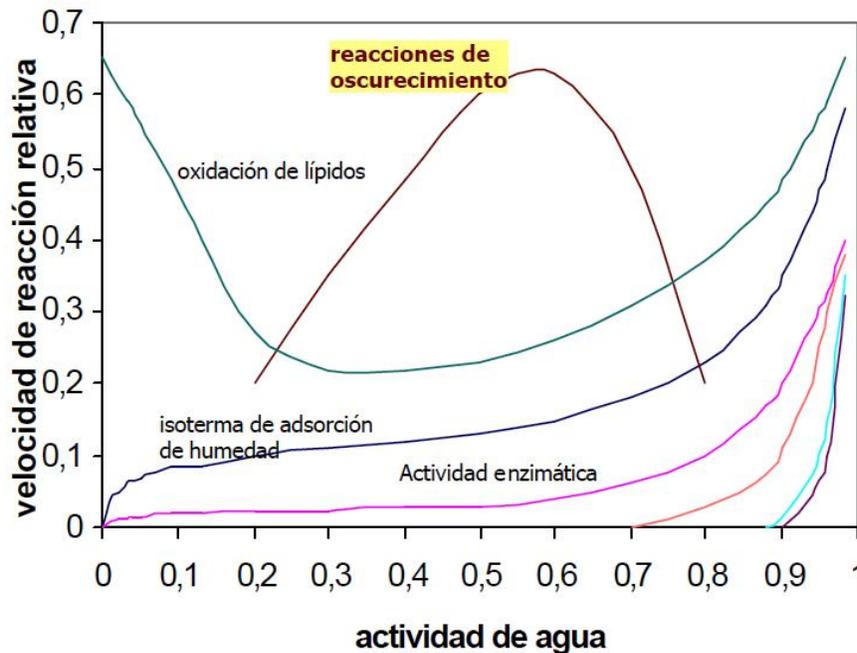


Fig 20: Efecto de la A_w sobre algunos procesos de degradación de un alimento (Eichner, Karel, 1972.)

IV.5. Resultados de la determinación de energía metabolizable en alimentos.

A continuación se reportan los Valores de Energía Metabolizable Verdadera de los Alimentos y sus contenidos calóricos. Las muestras están identificadas con el número del gallo de la prueba y el tratamiento que se le suministró, ejemplo 3-A, gallo número 3; tratamiento "A".

Tabla 8: Energía Metabolizable Verdadera y Contenido Calórico en los Alimentos

Muestra	Calorimetría (Kcal/Kg)	E.M.V. (Kcal/Kg)	Promedio E.M.V (Kcal/Kg)
3-A	3072,92	4215,7	3692,96
5-A	2812,65	3523,9	
8-A	2931,99	3339,3	
7-B	2642,25	3711,3	3575,47
12-B	2888,87	3641,2	
10-B	2902,69	3373,9	
4-C	3108,14	3644,7	3507,09
1-C	2832,28	3369,5	

- Entre los valores promedios de Energía Metabolizable Verdadera de cada alimento se presentan diferencias apreciables lo cual evidencia que el tratamiento térmico aplicado produce consecuencias en el aprovechamiento de la energía en el animal.
- Se observan algunas tendencias de cómo el aumento del calor producido por el acondicionamiento disminuye el contenido de la Energía Metabolizable en los alimentos experimentales, pero la variabilidad de los resultados no permite inferir sobre un efecto mayor o menor de este tratamiento térmico sobre los valores de E.M.V.
- El alto valor de E.M.V. reportada en la muestra 3-A es producto de la poca cantidad de excretas producida por el animal. Es necesario realizar más repeticiones de esta prueba para verificar que este resultado presente reproducibilidad.

- El gallo 2-C fue eliminado de la prueba ya que al momento de la alimentación forzada sólo se le pudo suministrar una cantidad menor de los 40 gramos que corresponden en el ensayo, esto producto de una técnica de canulización mal empleada lo cual no permite que la dosis sea dosificada directamente en el buche del animal.



Fig 21: Canulización de Gallos

IV.6. Resultados de las pruebas de granja

En las próximas tablas se presentan los resultados obtenidos de las dos experiencias realizadas en la Granja La Pirámide, así como un análisis estadísticos de dichos resultados, estos incluyen datos de interés como las ganancia de peso por población y el alimento consumido durante las dos semanas del ensayo.

Tabla 9: Resultados de Granja Experiencia 1 - Semanas 1 y 2

N° Galpón Ración Fecha	Población Inicial	Edad al Inicio (días)	Peso Total Pobl. Inicial	Peso Inicial Promedio	Muertos o Descarte	Peso Muerto o Descarte	Días de Consumo	Peso Final Pobl. / Fecha	Peso Prom. Final	Edad al Final	Ganan de peso Pobl.	Gana de peso Indiv	Ganan de peso diaria	Cons. de Alim total	Cons Alim Indiv.	Consumo Alim Diario	Conversión Alimento	Costo del Alto. (Bs.F)	Costo del Kg peso vivo	Costo Acum. Etapa. (Bs.F)
Galpón 2 55-PRECOZ 26/03/2009	20	26	141,0	7,05	0	0	14	162,5 09-04-2009	8,13	40	21,5	1,08	0,08	32,30	1,6	0,12	1,50	5,0	7,5	162
Galpón 2 65-PRECOZ 26/03/2009	20	26	141,5	7,08	0	0	14	159,5 09-04-2009	7,98	40	18,0	0,90	0,06	26,89	1,3	0,10	1,49	5,0	7,5	134
Galpón 2 75-PRECOZ 26/03/2009	20	26	142,0	7,10	0	0	14	160,0 09-04-2009	8,00	40	18,0	0,90	0,06	31,28	1,6	0,11	1,74	5,0	8,7	156

Todos los Pesos están expresados en Kilogramos

Tabla 10: Resultados de Granja Experiencia 2 - Semanas 1 y 2

Galpón Ración Fecha	Población Inicial	Edad al Inicio	Peso Total Pobl. Inicial	Peso Inicial Promedio	Muertos o Descarte	Peso Muerto o Descarte	Días de Consumo	Peso Final Pobl. / Fecha	Peso Prom. Final	Edad al Final	Ganan de peso Pobl.	Gana de peso Indiv	Ganan de peso diaria	Cons. de Alim total	Cons Alim Indiv.	Consumo Alim Diario	Conversión Alimento	Costo del Alto.	Costo del Kg peso vivo	Costo Acum. Etapa
Galpón 4-3	10	24	75,0	7,50	0	0	14	85,0	8,50	38	10,0	1,00	0,07	27,34	2,7	0,20	2,73	5,0	13,7	137
55-PRECOZ																				
02/04/2009								16-04-2009												
Galpón 4-6	10	24	74,5	7,45	1	8	14	74,5	8,28	38	8,0	0,83	0,06	22,92	2,5	0,18	2,87	5,0	14,3	115
55-PRECOZ																				
02/04/2009								16-04-2009												
Galpón 4-2	10	24	74,5	7,45	0	0	14	86,0	8,60	38	11,5	1,15	0,08	24,94	2,5	0,18	2,17	5,0	10,8	125
65-PRECOZ																				
02/04/2009								16-04-2009												
Galpón 4-5	10	24	75,0	7,50	0	0	14	83,5	8,35	38	8,5	0,85	0,06	21,39	2,1	0,15	2,52	5,0	12,6	107
65-PRECOZ																				
02/04/2009								16-04-2009												
Galpón 4-1	10	24	74,5	7,45	0	0	14	82,0	8,20	38	7,5	0,75	0,05	23,45	2,3	0,17	3,13	5,0	15,6	117
75-PRECOZ																				
02/04/2009								16-04-2009												
Galpón 4-4	10	24	75,0	7,50	0	0	14	85,0	8,50	38	10,0	1,00	0,07	27,86	2,8	0,20	2,79	5,0	13,9	139
75-PRECOZ																				
02/04/2009								16-04-2009												

Todos los Pesos están expresados en Kilogramos

IV.6.1. Estadísticas de las pruebas de granja

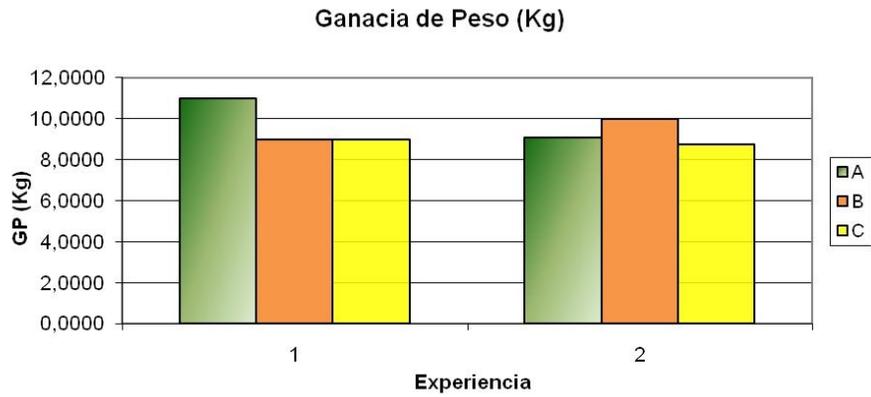


Fig 22: Ganancias de Pesos Promedio por corral

Tabla 11: Ganancias de Pesos Promedio por Corral - Experiencia 1

	Media - GP ¹ (Kg)	Std. Dev	Std. Error
A	10,7500	2,1210	1,5000
B	9,0000	0,0000	0,0000
C	9,0000	0,7070	0,5000

¹ Promedio de Ganancia de Peso

Tabla 12: Anova correspondiente a la Tabla 11

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Trat	2	5,3330	2,6670	1,6000	0,3366	3,2000	0,1570
Residual	3	5,0000	1,6670				

Tabla 13: Ganancias de Pesos Promedio por Corral - Experiencia 2

	Media - GP (Kg)	Std. Dev	Std. Error
A	9,1000	1,2730	0,9000
B	10,0000	2,1210	1,5000
C	8,7500	1,7680	1,2500

Tabla 14: Anova correspondiente a la Tabla 13

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Trat	2	1,6630	0,8320	0,2700	0,7802	0,5400	0,0680
Residual	3	9,2450	3,0820				

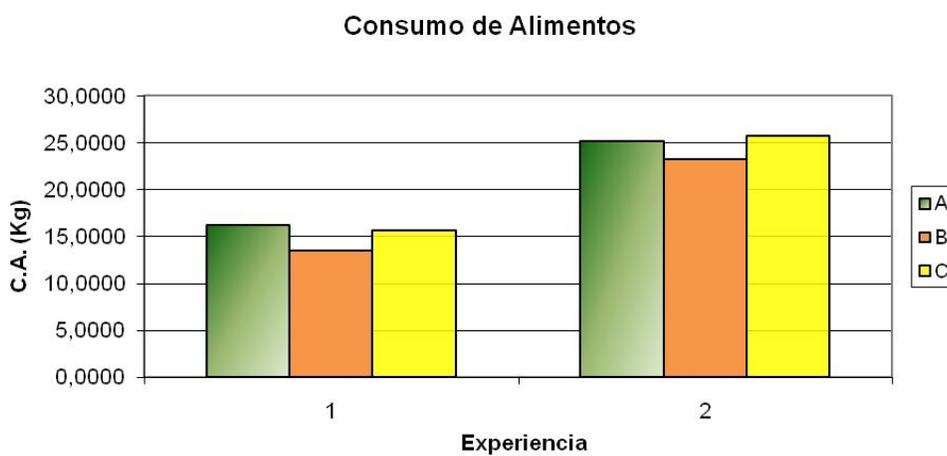


Fig 23: Consumos de Alimentos Promedio por Corral

Tabla 15: Consumos de Alimentos Promedio por Corral - Experiencia 1

	Media C.A. ¹ (Kg)	Std. Dev
A	16,1500	0,2121
B	13,4450	0,0000
C	15,6400	1,2162

¹ Promedio de Consumo de Alimento

Tabla 16: Consumos de Alimentos Promedio por Corral - Experiencia 2

	Media C.A. (Kg)	Std. Dev
A	25,1300	6,4947
B	23,1650	5,4068
C	25,6550	6,1897

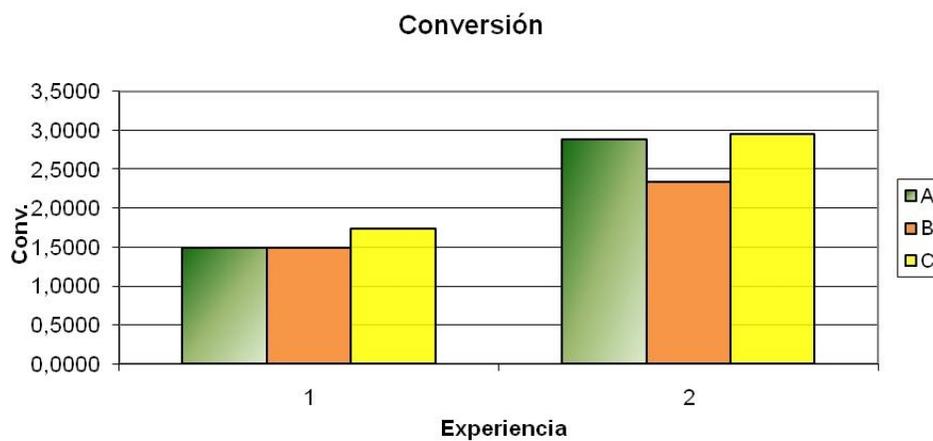


Fig 24: Conversiones Promedio por Corral

Tabla 17: Conversiones Promedio por Corral - Experiencia 1

	Media - Conv.	Std. Dev	Std. Error
A	1,4960	0,2880	0,2040
B	1,4930	0,0000	0,0000
C	1,7430	0,1370	0,0970

Tabla 18: Anova correspondiente a la Tabla 17

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Trat	2	0,0820	0,4100	1,2110	0,4116	2,4220	0,1300
Residual	3	0,1020	0,0340				

Tabla 19: Conversiones Promedio por Corral - Experiencia 2

	Media - Conv.	Std. Dev	Std. Error
A	2,8790	0,2050	0,1450
B	2,3430	0,2460	0,1740
C	2,9560	0,2410	0,1700

Tabla 20: Anova correspondiente a la Tabla 19

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Trat	2	0,4470	0,2240	4,1740	0,1359	8,3480	0,3280
Residual	3	0,1610	0,0540				

- En las primeras semanas de las pruebas se observó un bajo Consumo de Alimento y una poca Ganancia de Peso producto de la adaptación del animal al medio y al alimento, este comportamiento es debido en parte al efecto del stress postdestete y las luchas jerárquicas en los corrales.
- En las tablas 12, 14, 18 y 20 de Anova se obtuvo un nivel de significación, variable denominada POWER en éstas tablas, mayor a 0,05, por lo cual se acepta la hipótesis nula de independencia entre las variables, es decir, no existen efectos diferenciales entre ninguno de los parámetros de ganancia de peso, consumo de alimentos y conversión. Por lo tanto producto a variaciones importantes entre repeticiones, solo podemos anunciar algunas tendencias.
- Entre las experiencias realizadas el Tratamiento A reportó tendencias a tener mayor Ganancia de Peso.
- En la Segunda Experiencia se reportó un mayor consumo de alimento en los tres tratamientos suministrados y entre ellos el "C" fue el que tendió a ser el más consumido por el animal presentando también la mayor conversión.
- Los Alimentos "A" y "B" tienden a tener las más bajas conversiones.
- Todos los valores recogidos en las Pruebas de Granja estuvieron por debajo del Tabulador del Programa de Alimentación para Cerdos de la Empresa (Plan de Alimentación Agrobueyca, 2009).



Fig 25: Mediciones del Consumo de Alimento



Fig 26: Cerdos Pietrain de la Prueba de Granja

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- En el procesamiento de un ABA no se considera viable aplicar un control absoluto en todas las variables que afectan su producción.
- Se determinó que los parámetros de producción que más afectan e intervienen en la calidad nutricional son la Formulación, Selección de Materias Primas y Tratamientos Térmicos.
- El efecto de la temperatura de acondicionamiento influye en la calidad nutricional de los alimentos destinados a lechones (jóvenes) destetados.
- La metodología empleada en la fabricación de los alimentos experimentales produjo variaciones en el proceso que afectaron la calidad integral de los alimentos.
- Las condiciones operativas propuestas para la fabricación de los alimentos experimentales ofrecieron mejoras en los parámetros de durabilidad y porcentajes de finos especificados por la Empresa.
- El efecto del parámetro operativo de la temperatura de acondicionamiento no demostró ser la causa principal de los valores no satisfactorios observados en el desempeño en granjas.
- El proceso de Acondicionamiento del Alimento reduce el contenido de Lisina Disponible.
- La E.M.V varía significativamente en los distintos tratamientos estudiados.
- En las Pruebas de Granja no se evidencia diferencia entre los Alimentos, según el Estudio de Anova.
- Los resultados en Granja no cumplen las expectativas productivas en lo que respecta a la Ganancia de Peso y Consumo de Alimento.
- Los resultados en las pruebas y ensayos realizados no permiten decidir que alimento experimental es el recomendado para el Animal.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

- Emplear variaciones en la metodología empleada en la fabricación de los alimentos experimentales de manera que sea más acorde con el funcionamiento estándar de la planta.
- Realizar ensayos y pruebas con mayor número de repeticiones, para poder evaluar mejor las diferencias entre tratamientos
- Realizar estudios de Palatabilidad en el alimento que permitan aumentar el consumo del mismo.
- Realizar evaluaciones de las propuestas operativas de porcentaje de agua añadida por mezclador y velocidad del alimentador en la fabricación de alimentos destinados a lechones en el período del destete.
- Emplear un Acondicionamiento a 75 °C mientras se realizan otras pruebas en el procesamiento del alimento, ya que a esa temperatura se obtiene una buena calidad Físico-Química del alimento, un mayor contenido de Lisina Disponible, operativamente hablando permite conseguir una alta humedad en la pelletizadora que se traduce en una mayor tasa de producción y en lo que respecta a los resultados en granja no se presentan mayores diferencias entre los otros alimentos.
- Realizar otros estudios cambiando las materias primas, para separar el efecto del proceso de fabricación y el uso de materias primas de calidad.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braumann, B.G.; Bilkei, G.; Cáceres, L.; Gil, M.C.; Peña, F.J. (2002). *Efecto del diferente contenido en lisina de la dieta en el rendimiento del cerdo postdestete*. Anaporc. Revista de Porcinocultura. 22 (225). 90-102
- Burgos, J.A. (1989). *Evaluación de la Energía Metabolizable Verdadera de Alimentos Comerciales Usados en la Alimentación de Pollos de Engorde*. Tesis de Grado sin publicación. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela.
- Camejo, M.; Delgado, G.; Gómez, A.; Pavalec, R.; Riobueno, L.; Santiago, D.; *Hoja Técnica de Productos Terminados Agrobueyca S.A.* Manual sin publicación. Santa Cruz de Aragua, Venezuela.
- De Basilio, V.D. (1993). *Evaluación del Valor Nutricional de algunos Ingredientes Nacionales para la Alimentación de Aves*. Trabajo de Ascenso. Universidad Central de Venezuela. Maracay. Venezuela.
- Delgado, G.; Gómez, A. (2006). *Instructivo de Trabajo de Laboratorio Químico Agrobueyca S.A.*. Manual sin publicación. Santa Cruz de Aragua, Venezuela.
- Farrell, D.J. (1978). *Rapid determination of metabolisable energy of foods using cockerels*. British Poultry Science, 19. 303-308.
- Fayle, S. E. y Gerrard, Julie. (2005). *La Reacción De Maillard*. (1era. Edición). Zaragoza. Editorial Acribia.
- Guerra, Marisa; Sangronis, Elba; Torres Alexia. (2008) *Prácticas de Laboratorio de Análisis de Alimentos* (PB 6281). Universidad Simón Bolívar. División de Ciencias Biológicas. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos, 98-99
- Gutiérrez, Lourdes y García, Leticia. (2008). *Lisina Total, Digestible y Reactiva Digestible en Harina de Pescado*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

FCV- LUZ, 18 (2), 218-224.

- Eichner, K; Karel, M. (1972). *The influence of water content and water activity on the sugaramino browning reaction in model systems under various conditions*. Journal Agriculture and Food Chemistry 20: 218
- Hans H. Stein. (2008). *La alimentación del ganado porcino con DDGS. Efectos perjudiciales del calor sobre los DDGS*. Revista Albéitar. Grupo Asís [Revista en línea] Disponible:
<http://www.albeitar.asisvet.com/bibliografias/120.pdf> [Consulta: 2009, marzo 10].
- Huisman, J. (1989). *Nutritive and digestive physiology in monogastric animals*. Pudoc 101. Ed. by Van Werden.
- Konig, H.G. (1994). *Proceedings of the 3rd International Symposium*. 1994, Hamburgo.
- Lucht, H.W. (1999) *Reducción de ANF en habas de soja por tratamiento hidrotérmico y expander*. Reinbek, Alemania.
- Medel, P.; Latorre M^a A. y Mateos G.G. *Nutrición y Alimentación de lechones Desteñados Precozmente*. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Departamento de Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. [Revista en línea] Disponible:
<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/99CAP7.pdf> [Consulta: 2009, marzo 5].
- Payne, John; Rattink, Wolter; Smith Ted. y Strom, Lars. (2002). *El Manual de la Pelletización*. Borregaard Lignotech.
- Peisker, M. (1992) *Feed International*, Febrero. 1992.
- Sauer, W.C.; Mosenthin, R. y Pierce, A.B. (1990) *Animals Feed Science and Technology*. 31: 269-275.
- Sibbald, I.R., 1976. *A bioassay for true metabolizable energy in feedstuffs*. Poultry Sci. 55:303-308.

- Sibbald, I.R. 1982. *Measurement of bioavailable energy in poultry feedinstuffs: a review*. Canadian Journal of Animal Science. 62: 983-1048.
- United States Department of Agriculture. (1998). *Food Industry Red Book: Nutrient Tables*. US Government Printing Office. Washington. United States of America.