

**Efecto del uso de alimento balanceado  
peletizado desde el inicio hasta el engorde en  
la granja porcina el Hobo, Santa Cruz de  
Yojoa, Honduras**

**Daniel José Caballero Garay**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Efecto del uso de alimento balanceado  
peletizado desde el inicio hasta el engorde en  
la granja porcina el Hobo, Santa Cruz de  
Yojoa, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Daniel José Caballero Garay**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

# **Efecto del uso de alimento balanceado peletizado desde el inicio hasta el engorde en la granja porcina el Hobo, Santa Cruz de Yojoa, Honduras**

Presentado por:

Daniel José Caballero Garay

Aprobado:

---

Edward Moncada, M.A.E.  
Asesor principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Carrera de Agroindustria Alimentaria

---

Gerardo Murillo, Ing.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Caballero, D. Efecto del uso de alimento balanceado peletizado desde el inicio hasta el engorde en la granja porcina el Hobo, Santa Cruz de Yojoa, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 24p.

El objetivo de este estudio fue evaluar dos formas físicas de alimentación, el pellet y la harina, para determinar el desempeño productivo de cerdos desde el inicio, crecimiento, desarrollo y final (70,105,147,168 días de edad) respectivamente, sobre la ganancia diaria de peso (GDP) el consumo diario de alimento (CDA) e índice de conversión alimenticia (ICA) y determinar la rentabilidad de las dietas. El estudio se realizó en la granja porcina comercial el Hobo. Se utilizaron 1046 cerdos (hembras y machos castrados), cruces de las razas Yorkshire, Landrace y cerdos Pig Improvement Company con peso inicial de 15.42 kg para la etapa de inicio. Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tratamientos y cuatro repeticiones para cada tratamiento. Los tratamientos fueron alimento en harina y alimento en pellet. Para la GDP no se encontró diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en donde la ganancia para las etapas de inicio, crecimiento y final fue de (686, 780, 956 kg/día) para el tratamiento en harina, y de (690, 746, 920 kg/día) para el tratamiento en pellet. Se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) en la etapa de crecimiento, desarrollo y final para el CDA, siendo el tratamiento en harina el que obtuvo mayores consumos (2.18, 2.87, 3.07 kg/día) a diferencia del alimento en pellet (1.96, 2.59, 2.68 kg/día). En la etapa de inicio no se encontró diferencias entre los tratamientos el CDA fue de 1.17 kg/día para el tratamiento en harina y de 1.13 kg/día para el tratamiento en pellet. En el ICA no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para las etapas de inicio y crecimiento, con un ICA de (1.74, 2.84) para el tratamiento en harina y de (1.66, 2.64) para el tratamiento en pellet, sin embargo en la etapa final se encontró diferencia significativa ( $P<0.05$ ) con un ICA más bajo para el alimento en pellet 2.78 y de 2.99 para el alimento en harina. En el análisis de costos se encontró una mejor utilidad por cerdo promedio (\$ 7.88) para los cerdos que fueron alimentados con pellet.

**Palabras clave:** alimento balanceado, conversión alimenticia, nutrición animal

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>7</b>
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>5 CONCLUSIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>6 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>7 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>19</b>
<b>8 ANEXOS .....</b>	<b>22</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro	Página
1. Efecto del acondicionado en la durabilidad del pellet basados en una dieta hecha a partir de maíz y soya para alimento de aves.....	4
2. Efecto de la inclusión de grasa antes del peletizado en la durabilidad del pellet. ....	5
3. Promedio del PDI y del porcentaje de finos para el alimento en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final.....	11
4. Ganancia diaria de peso (g/dia/cerdo) de los cerdos alimentados con harina y pellet en las etapas de inicio, crecimiento, y final. ....	12
5. Consumo diario de alimento (kg/dia/cerdo) de los cerdos alimentados con harina y pellet en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final. ....	13
6. Índice de conversión alimenticia de los cerdos alimentados con harina y pellet en las etapas de inicio , crecimiento y final.....	15
7. Análisis marginal de costos totales en US\$ para la alimentación de cerdos con pellet y harina a partir de la etapa de inicio hasta la etapa final. ....	16
Figura	Página
1. Flujo de proceso del pelletizado .....	9
2. Relación entre el consumo diario del alimento en pellet y harina a diferentes edades. ....	14
Anexo	Página
1. Características del peletizador.....	22
2. Índice de durabilidad del pellet (PDI) y porcentaje de finos para la producción de alimento para cerdos de febrero a junio del 2010.....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

Para que la producción de carne porcina sea rentable, requiere de una eficiencia muy alta en la utilización del alimento balanceado, ya que este representa del 70 al 80% de los costos totales de producción (Castillo 2006).

El procesamiento de alimento para cerdos es visto de manera negativa por muchos de los productores debido a que no perciben un retorno de la ganancia inmediata, pero es importante destacar que el procesamiento de almidones, y de otros componentes del alimento ayuda a una mejor digestibilidad obteniendo de esta forma mejores resultados en los parámetros productivos (Mckinney 2008).

Las dos formas más comunes de alimento para el engorde de cerdos son: el concentrado peletizado y el concentrado en harina; aunque también es común la utilización de los sobrantes de las fincas u otras materias primas alternativas para la alimentación, pero en sistemas intensivos no se utiliza. Según Castillo (2006), el sistema más utilizado en explotaciones intensivas es la alimentación *ad libitum* de alimento concentrado o balanceado.

El proceso de peletizado provee beneficios físicos debido a que hay menor desperdicio en el alimento, un incremento en la densidad, y provee beneficios nutricionales que hacen que el animal tenga una mejor disponibilidad de los nutrientes (Falk 1985).

Otros beneficios que proveen los procesos de peletizado o extruido son la uniformidad en las partículas del alimento, debido a que el cerdo es una especie omnívora y tiende a ser muy selectivo con el alimento así como la destrucción de ciertos patógenos debido al incremento en las temperaturas durante el procesamiento (Murakami, Souza, Sakamoto y Fernandes, 2008).

El proceso de peletizado incrementa el costo de elaboración, pero este costo es recuperado por la mejora en algunos aspectos de la alimentación. Algunos de ellos como el incremento en la tasa de crecimiento del 6%, y la conversión alimenticia mejora de un 6 al 7% en comparación con el alimento en harina (Hancock y Behnke, 2001).

La acción del calor, la presión y la humedad (proceso de peletizado), desorganiza la estructura de los almidones, gelatinizándose lo que mejora la digestibilidad del alimento (Pané 1993).

El objetivo de esta investigación es comparar la alimentación en pellet y harina de una dieta basada en maíz y soya para las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo, final y determinar los beneficios productivos y económicos en cada uno de los tratamientos.

## **1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La importancia de este estudio es conocer los beneficios productivos que brinda el alimento concentrado peletizado comparado con el alimento en harina, ya que el alimento peletizado representa un costo mayor debido al procesamiento, lo que hace necesario saber si la inversión de este representa una ganancia en los parámetros productivos para la granja porcina el Hobo.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo General**

- Evaluar el efecto del alimento balanceado peletizado, en comparación con el alimento balanceado en harina para las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final de cerdos con alimentación ad libitum.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el consumo del alimento balanceado en harina y en pellet en cerdos alimentados ad libitum en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final.
- Realizar una comparación del efecto del alimento en pellet y en harina sobre los parámetros productivos, índice de conversión alimenticia y ganancia diaria de peso, en las etapas de inicio, crecimiento y final.
- Estimar los costos marginales y la utilidad del engorde de cerdos alimentados con balanceado en pellet y harina.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 ALIMENTO PELETIZADO**

El peletizado consiste en “comprimir el alimento en harina a través de los agujeros de metal o dado, para formar pellets cilíndricos – para concentrar nutrientes, manejar y utilizar los alimentos finales de manera más eficiente, y proveer un incremento en la digestibilidad de ciertos nutrientes, particularmente carbohidratos y proteínas” (Castaldo 2006).

Para la formación del pellet, la harina debe pasar por un periodo de acondicionamiento donde el vapor entrante, aumenta la humedad y el calor de la harina, formando una masa. De esta forma los gránulos de almidón se dispersan y degradan creando un polímero de almidón, que funciona como adherente para atrapar otras partículas. A medida se enfrían los polímeros de almidón en su salida se vuelven rígidos con una textura dura quebradiza. (Guy 2001).

En el peletizado la masa es presionada por la acción de rodos contra agujeros de forma cilíndrica (dados), la fricción de la misma no permite el flujo libre de la masa hacia afuera del dado, por lo que la presión de la masa y el rodo generan el pellet cuando este fluye hacia la parte de afuera del dado. Una vez fuera hay cuchillas que cortan el pellet de acuerdo al tamaño deseado. (Kaliyan y Morey 2008).

La alimentación de cerdos y aves con pellet ha llevado a obtener mejor resultado en el desarrollo y productividad de los animales atribuido a los siguientes factores (Behnke 1994):

- Menor desperdicio
- Reducción de la selectividad del alimento en los animales
- Destrucción de algunos organismos patógenos
- Mejora en la palatabilidad
- Gelatinización de los almidones y desnaturalización de proteínas.

#### **2.1.1 Factores que afectan la calidad del pellet**

Algunos factores importantes anteriores al procesamiento de la harina implican la calidad de la molienda y el tamaño de partículas de la harina, esto conlleva a la producción de un

pellet de mejor calidad, lo que radica en una mejora del 2 al 5 % en el aprovechamiento de los nutrientes (Mateos. et al. 2005). Según Behnke y Beyer, (2002) esto se debe a que al reducir el tamaño de las partículas, el área de exposición por unidad de volumen es mayor, por lo que hay una mayor captación del vapor. Sin embargo (Stevens, 1987, Martins 1983), no encontraron diferencias en cuanto a la calidad y durabilidad del pellet cuando redujeron el tamaño de las partículas de maíz y trigo de 1023 a 551 micrones y de 802 a 365 micrones.

En investigaciones realizadas por (Van der Poel. et al. 1997), se observaron mejores resultados en la durabilidad y dureza del pellet al adicionar una inyección de vapor al acondicionado del pellet, así como la aplicabilidad de esta para la inactivación de factores anti nutricionales y una reducción en la carga microbiológica del alimento.

El contenido de humedad del pellet se debe manejar antes y después del acondicionamiento, la inyección de vapor aumenta el contenido de humedad de la masa. De acuerdo a (Oberberger y Thek 2004) el contenido de humedad del producto final debe estar alrededor del 8 a 12% de humedad, por lo cual después de peletizado debe pasar por un proceso de enfriamiento para remover el exceso de humedad.

Kaliyan y Morey (2008) realizaron un experimento en el cual se utilizaron dimensiones del dado de 4.8mm de diámetro, con una tasa de producción de 655 kg/h, y donde los pellets fueron enfriados en un enfriador vertical para determinar la durabilidad de los pellets con diferentes parámetros de acondicionado (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto del acondicionado en la durabilidad del pellet basados en una dieta hecha a partir de maíz y soya para alimento de aves.

Temperatura del alimento antes del acondicionado	Temperatura del alimento después de acondicionado	Temperatura del alimento después de peletizado	Humedad del alimento antes de acondicionado	Humedad del alimento después de acondicionado	Humedad de los pellets después de enfriado	Durabilidad del pellet
(C°)	(C°)	(C°)	(% B.H)	(% B.H)	(% B.H)	(%)
27	27	68	10.4	10.8	9.4	79.1
27	65	75	10.7	13.1	10.8	93.5
27	80	87	11.3	13.8	11.2	96.5

Fuente: Kaliyan y Morey 2008, adaptado por el autor.

Debido a que la mayoría de materias primas se constituyen en ciertos componentes resulta más fácil estudiar la interacción de los componentes primarios del alimento en el procesamiento en los siguientes grupos: almidones, proteínas, fibras y grasas. (Kaliyan y Morey 2008).

Los almidones tienen la capacidad de atar otras partículas o de formar puentes a través de su estructura, una vez esta sea expuesta a altas temperaturas y a humedad en el acondicionado, dando como resultado la gelatinización. A mayor grado de gelatinización la durabilidad del pellet es mayor (Heffner 1973).

Las proteínas al ser expuestas a temperaturas altas se desnaturalizan y su capacidad para atar otras partículas es mayor, de manera que dan más fuerza y durabilidad al pellet (Wood 1987). Algunas proteínas derivadas de los cereales como: el trigo, la cebada, el centeno y la soya, tienen una buena capacidad para atar partículas y han demostrado tener un efecto positivo en el procesamiento (Kaliyan y Morey 2008).

La inclusión de grasas vegetales o animales en la masa producen un efecto negativo en el peletizado, debido a su naturaleza hidrofóbica producen una fricción menor en el dado, por lo que la presión entre el dado y la masa es menor, los pellets son muy frágiles al salir del dado (Kaliyan y Morey 2008). Para obtener pellets de buena calidad la adición de grasa antes del peletizado no debe ser mayor al 1.5% (Vest 1993).

Cuadro 2. Efecto de la inclusión de grasa antes del peletizado en la durabilidad del pellet.

Tipo de alimento peletizado	% Grasa antes de peletizado	% Durabilidad de pellet
Dieta para engorde de cerdos	2.3	93.8
	5.7	81.9
Dieta para reproductoras	2.4	96.1
	5.9	85.7
Dieta basada en maíz y soya	2.9	89.0
	5.7	60.0

Fuente: Kaliyan y Morey 2008, adaptado por el autor.

Después de acondicionado el pellet sale a temperaturas altas debido a la fricción y la presión ejercida por los rodos y el dado, este sale a temperaturas de 60 a 95°C y contenidos de humedad de 12 a 18% (b.h). Por lo cual los pellets deben pasar por un proceso de enfriado para remover el exceso de humedad y bajar las temperaturas para evitar que la temperatura interna del pellet pueda causar daños por diferencias entre temperatura interna y externa. El contenido de humedad después de enfriado debe estar abajo del 13% (b.h) y la temperatura debe estar a 5°C arriba como máximo con relación a la temperatura ambiente (Maier. et al. 1992).

### 2.1.2 Calidad Del Pellet

Los métodos para medir la calidad de los pellets han sido desarrollados con la necesidad de medir la fuerza o durabilidad de los mismos, por el daño que sufren a través de la carga, barrenado, almacenamiento, transporte y platos de los animales (Behnke y Beyer 2002). La calidad del pellet es muy importante ya que un alimento con una alta presencia de finos (baja calidad) no produce ganancia alguna en términos productivos. La presencia de finos se ve afectado por fuerzas de compresión, impacto y cizalla (Winowisky 1995).

El método de la caja de golpeado (tumbling can method), da como resultado un estimado del índice de durabilidad del pellet (PDI), este predice el daño mecánico y de manejo del pellet. Con este método se ingresan a la caja 500g de pellets y se gira la caja por unos 10 min a 50 rpm, luego se tamizan con un tamiz #18 (2.8mm de abertura). El índice de durabilidad del pellet se calcula con el rango de peso después de golpeado el pellet, sobre el peso antes de golpeado, multiplicado por 100 (ASABE standards). Este es uno de los métodos más comunes para medir la calidad del pellet y para medir la cantidad de finos presentes después de procesado el pellet.

Polanco (1999) realizó un estudio donde midió el PDI del alimento suministrado en pellets por ALCON<sup>®</sup> en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final, el PDI para estas etapas fue de 93.05, 97.47, 97.35 y 95.06 respectivamente.

### **2.1.3 Peletizado en el engorde de cerdos**

En otras investigaciones (Hamilton 1978), alimento cerdos con harina versus pellet y encontró una mejora de 8% en la conversión alimenticia, que fue de 3.54 a 3.26.

En un experimento continuo (Trevis 1979) alimento harina, pellets de mala calidad y pellets de buena calidad. Las conversiones alimenticias fueron 3.83, 3.81, y 3.31. Se hizo énfasis en que a menos de que se produjeran pellets de buena calidad, muy poco o casi nada de beneficio se puede obtener del peletizado.

En un estudio realizado para comparar 3 formas de alimento, harina, pellet y pellet mas lisina (Hayes 1979) se encontró que los cerdos obtuvieron una ganancia diaria de 0.62 kg, 0.70 y 0.71 por cerdo, así mismo la conversión alimenticia fue de 3.83, 3.24 y 3.34 por lo tanto no hubo diferencia estadística entre el peletizado y el peletizado mas lisina. Los cerdos que se alimentaron con pellet requirieron 15.5% menos alimento que aquellos con el alimento en harina.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 UBICACIÓN**

El estudio se realizó en las instalaciones de la granja porcina el Hobo, en el departamento de Cortes, Santa Cruz de Yojoa, km 3, carretera a la represa hidroeléctrica Francisco Morazán, Honduras.

#### **3.2 ANIMALES**

Se utilizaron 1046 cerdos de cruces de las razas Yorkshire, Landrace y Pig Improvement Company, los cerdos que se utilizaron fueron hembras y machos castrados ubicados en corrales mixtos. Se confinaron en cuadras de concreto de 4 x 8 metros con un promedio de 20 cerdos por cuadra a partir de la etapa de inicio a los 49 días con un peso promedio de 15.42 kg hasta la etapa final.

#### **3.3 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Alimento balanceado en Harina
- Alimento balanceado en Pellet
- Corrales de concreto 4x8 metros.
- Comederos de tolva con bebedero de niple incluido y plato de aluminio.
- Pelletizadora 400 HP
- Bascula Gallagher Smart Scale 500

#### **3.4 VARIABLES MEDIDAS**

- Ganancia diaria de peso (GDP): Los animales fueron pesados al inicio del experimento a los 49 días y se evaluó la GDP en las etapas de inicio, crecimiento y final a los 70,105 y a los 168 días respectivamente. La GDP se obtuvo dividiendo el peso promedio de los cerdos por el número de días alimentados, de acuerdo a la etapa de alimentación.
- Consumo diario de alimento (CDA): Se pesó el alimento ofrecido a los animales

- diariamente y se evaluó el consumo en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final, (70, 105, 147, 168 días).
- Índice de conversión alimenticia (ICA): Se obtuvo dividiendo la cantidad de alimento consumido por el peso de los animales. Se evaluaron las etapas de inicio, crecimiento y final, (70, 105, 168).
- Análisis Económico: Se realizó un análisis marginal de costos para la etapa de engorde de los cerdos alimentados con harina y pellet.

### **3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con dos tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 8 unidades experimentales.

Los tratamientos fueron alimento en harina y alimento peletizado, suministrados de la siguiente forma con un mismo tipo de formulación:

- Inicio Delicia: (49-70 días)
- Crecimiento Delicia: (71- 105 días)
- Desarrollo Delicia: (106- 147 días)
- Final Delicia: (148- 168 días)

### 3.6 PROCESO DE PELETIZADO

El alimento peletizado consiste en la aglomeración de una mezcla para formar comprimidos densos por medio de un proceso que combina el calor, la humedad y la presión (Figura 1).

#### 3.6.1 DIAGRAMA DE FLUJO ELABORACION DE CONCENTRADO EN PELLET

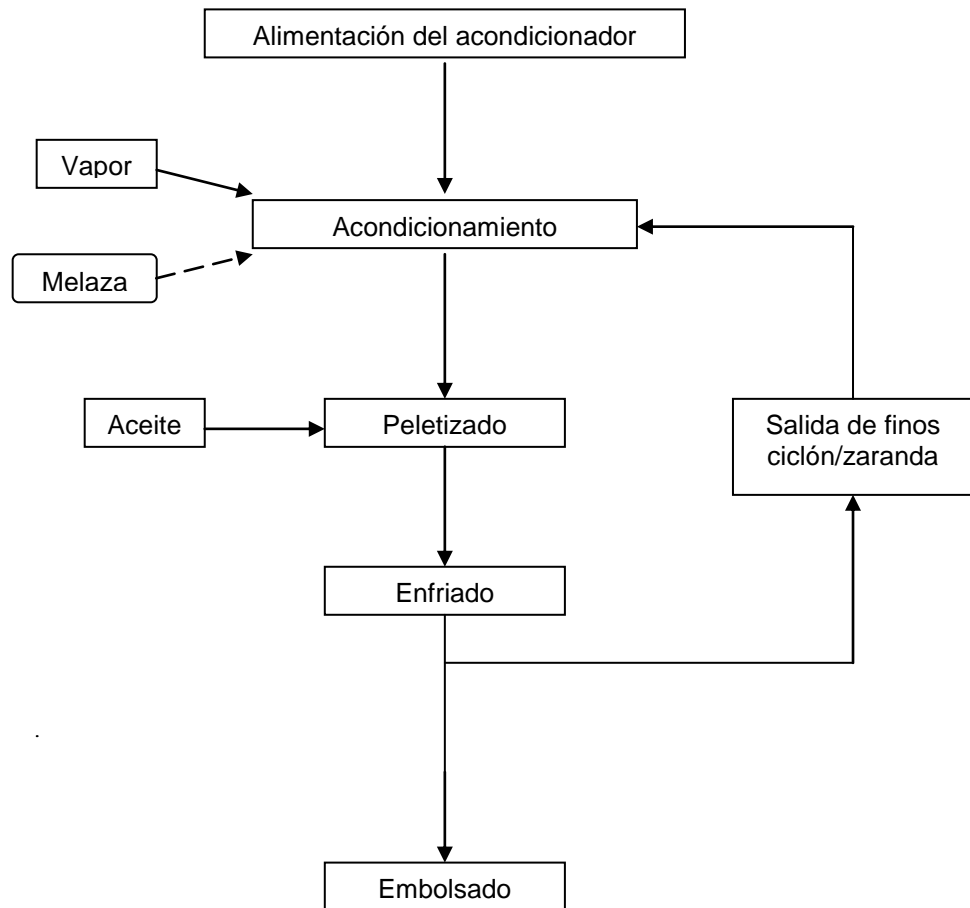


Figura 1. Flujo de proceso del peletizado

### **3.6.2 Alimentación del acondicionador**

Una vez que se ha realizado la mezcla de las materias primas, los micronutrientes y los medicamentos en caso de llevar, se liberan en una tolva para que sean acarreados de manera uniforme al acondicionador. El alimentador actúa como un sellador de manera que el vapor no escape por la vía de menor resistencia.

### **3.6.3 Acondicionamiento**

Para que se pueda realizar un buen acondicionamiento de la mezcla se debe asegurar que la molienda de las partículas sea menor a 500 micrones en el caso de alimento para cerdos.

El proceso de acondicionado consiste en la adición de vapor, temperatura y presión a la mezcla que para cerdos se realiza por 30 segundos. La temperatura del acondicionado oscila entre los 70°C y 73°C con un vapor seco, que da como resultado la gelatinización de los almidones que ayuda a que se produzca una mayor adhesión de toda la mezcla y una desnaturalización parcial de las proteínas.

La temperatura y las presiones a las que se expone la mezcla actúan como sanitizante ya que eliminan la mayoría de los organismos patógenos.

### **3.6.4 Peletizado**

Una vez terminado el acondicionado, el alimento cae en una tolva en la cual hay barras de imanes para evitar que caigan piezas de metal que dañen la maquinaria o contaminen el producto terminado.

La peletizadora está compuesta por un motor, un rodo, y un eje. El rodo presiona la mezcla hacia los dados que tienen un tamaño de 0.40 mm de diámetro una vez se va formando el pellet las cuchillas lo van cortando de acuerdo a la longitud del pellet. Durante el mezclado se agrega de un 0.3 a 0.5% de grasa, de ser necesario agregar más grasa hay una flautas fuera de la peletizadora que bañan los pellets agregando de un 1 a 4.5% de grasa.

### **3.6.5 Enfriado**

Después de formado el pellet, estos pasan por un proceso de enfriamiento evaporativo, este somete al pellet a corrientes de aire calientes que tienen una mayor capacidad de extraer humedad y al mismo tiempo remueven los finos de los pellet para que vuelvan a ser reprocesados. Los pellet deben salir a una temperatura no mayor de 10°C de diferencia con la temperatura ambiente, esto asegura que el pellet no sudara por lo tanto no estará expuesto a hongos o bacterias. El porcentaje de humedad del pellet después de enfriado debe ser de 12 a 13%.

### 3.6.6 Índice de durabilidad del pelet (PDI) y porcentaje de finos

Para medir la calidad del pelet se deben tomar 2 libras en la descarga de la enfriadora, después se debe utilizar la zaranda para remover los finos y los pellets quebrados. Una vez limpia la muestra se debe pesar 500 gramos y utiliza el método de la caja de metal (tumbling can method). Donde se ingresaron los pellets y se giraron por 10 min, a una velocidad de 50rpm, luego se tamizaron para determinar el porcentaje de finos.

El índice de durabilidad del pellet se calculo con el rango de peso después de golpeado el pelet, sobre el peso antes de golpeado, multiplicado por 100. El PDI para poder mandar el producto al mercado debe ser mayor al 91% y el porcentaje de finos debes ser de 13% como máximo permitido (Cuadro 3).

Cuadro 3. Promedio del PDI y del porcentaje de finos para el alimento en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final.

Etapas	% PDI	% Finos
Inicio	94.2	6.9
Crecimiento	93.5	7.1
Desarrollo	93.9	6.9
Final	94.0	6.8

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 GANANCIA DIARIA DE PESO

Las diferencias no fueron significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos (Cuadro 4). Los resultados obtenidos con el alimento en pellet son mayores a los encontrados por Saavedra Polanco (1999) de 437, 717 y 851 g/día en la GDP para las etapas de inicio, crecimiento y final respectivamente. Asimismo en la etapa de crecimiento Cristhian Castro (2006) suministro alimento balanceado de ALCON<sup>®</sup> en harina y encontró valores mayores a los de este estudio de 805 g/día.

En la etapa final (Cuadro 4) no se encontró diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, Wondra et al. (1995) realizó un estudio alimentando los cerdos con pellet y harina, y obtuvo GDP similares a este estudio de 960 g/día para el tratamiento en harina, a diferencia de lo encontrado en pellet que fue de 1000 g/día, valores mayores a este estudio. En este mismo estudio se encontró un incremento del 5% y 7% para las dietas peletizadas en comparación a dietas en harina. Sin embargo muchos experimentos han fallado en demostrar una mejora en la GDP con el alimento peletizado, Skoch (1983) y NCR-42 Committe on swine nutrition (1969) realizó experimentos en pellet y harina con valores de 780 y 770 g/día respectivamente.

Según Wondra et al. (1995) las razones por el incremento en la GDP no son muy conocidas, pero han sido atribuidas al menor desperdicio y al incremento en la digestibilidad de los nutrientes

Cuadro 4. Ganancia diaria de peso (g/día/cerdo) de los cerdos alimentados con harina y pellet en las etapas de inicio, crecimiento, y final.<sup>1</sup>

Tratamientos	Inicio±DE	Crecimiento±DE	Final±DE
Harina	686±23.0 <sup>a</sup>	780±21.0 <sup>a</sup>	954±34.8 <sup>a</sup>
Pellet	690±23.1 <sup>a</sup>	746±20.1 <sup>a</sup>	920±33.5 <sup>a</sup>
P <sup>2</sup>	0.81	0.102	0.252
C.V <sup>3</sup>	3.35	2.69	3.65

<sup>1</sup>Medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes ( $P>0.05$ ).

<sup>2</sup>Probabilidad

<sup>3</sup>Coefficiente de variación

DE= Desviación estándar

## 4.2 CONSUMO DIARIO DE ALIMENTO

En la etapa de inicio (Cuadro 5) las diferencias no fueron significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, Saavedra Polanco (1999) obtuvo consumos menores de 0.812 kg/día para alimento en pellet.

Para la etapa de crecimiento (Cuadro 5) se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) de manera que con el alimento en harina se obtuvo un mayor consumo. En estudios realizado por Skoch et al. (1983) el consumo fue menor para dietas peletizadas 1.36 kg/día a diferencia de la dieta en harina de 2.79 kg/día. Sin embargo, Saavedra Polanco (1999) obtuvo un mayor consumo en esta etapa que fue de 2.29 kg/día en dietas peletizadas. Según Tri State (1998) se puede observar un mayor consumo de alimento en dietas peletizadas a partir de la etapa de crecimiento.

En la etapa de desarrollo se encontraron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) siendo el tratamiento en harina el que obtuvo un mayor consumo (Cuadro 5). Cristian Castro (2006) encontró valores menores de 2.12 kg/día para alimento suministrado en harina para esta etapa a diferencia de Polanco (1999) que obtuvo valores más altos para el alimento en pellet de 3.38 kg/día.

En la etapa de final (Cuadro 5) las diferencias fueron significativas ( $P<0.05$ ) entre los tratamientos, por lo que hubo un mayor consumo de alimento en harina. Esto concuerda con los datos encontrados por Wondra et al. (1995) en los que el alimento en harina tuvo un consumo de 3.22 kg/día y los del pellet fueron menores 3.16 kg/día.

Cuadro 5. Consumo diario de alimento (kg/día/cerdo) de los cerdos alimentados con harina y pellet en las etapas de inicio, crecimiento, desarrollo y final.<sup>1</sup>

Tratamientos	Inicio±DE	Crecimiento±DE	Desarrollo±DE	Final±DE
Harina	1.17±0.03 <sup>a</sup>	2.18±0.07 <sup>a</sup>	2.87±0.04 <sup>a</sup>	3.07±0.12 <sup>a</sup>
Pellet	1.13±0.03 <sup>a</sup>	1.96±0.06 <sup>b</sup>	2.59±0.04 <sup>b</sup>	2.68±0.10 <sup>b</sup>
P <sup>2</sup>	0.159	0.02	0.003	0.01
C.V <sup>3</sup>	2.76	3.36	1.73	3.98

<sup>1</sup>Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas ( $P<0.05$ ).

<sup>2</sup>Probabilidad

<sup>3</sup>Coefficiente de variación

DE= Desviación estándar

Para este estudio los cerdos alimentados con pellet requirieron un 9.91% menos de alimento en todas las etapas. De acuerdo a Hayes (1979), quien realizo un estudio para comparar el alimento en harina, alimento en pellet y alimento en pellet más lisina. Encontró que los cerdos alimentados con pellet requirieron un 15.5% menos de alimento

que aquellos alimentados con harina. Según Skoch et al. (1983) los menores consumos de alimento en pellet están relacionados a la calidad de este (PDI), y a la menor cantidad de desperdicio atribuida al alimento peletizado.

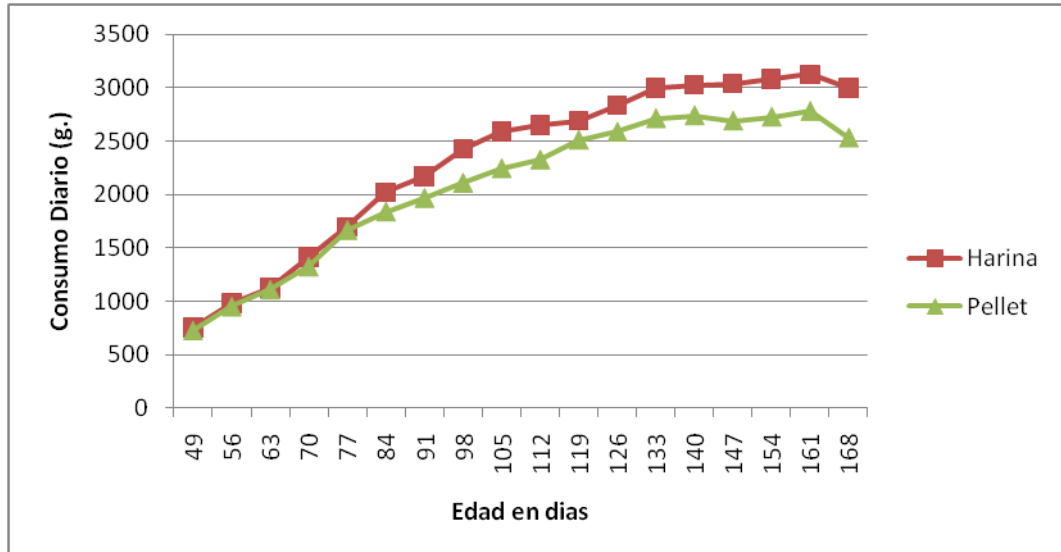


Figura 2. Relación entre el consumo diario del alimento en pellet y harina a diferentes edades.

La figura 2 muestra una tendencia marcada hacia un mayor consumo de alimento en harina a partir de los 77 días de edad que corresponde a la etapa de crecimiento, hasta la etapa final a los 168 días.

### 4.3 INDICE DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) para las etapas de inicio y crecimiento (Cuadro 6). Sin embargo hay una conversión alimenticia más baja (1.66, 2.64) en el tratamiento con pellet que en los tratamientos con alimento en harina (1.74, 2.84).

En la etapa final se encontró diferencia estadística ( $P < 0.05$ ), por lo que la conversión más baja fue para el alimento peletizado. La conversión alimenticia mejoro en un 7.02% para la etapa final, datos similares a los encontrado por Hancock y Behnke (2001) donde la conversión mejoro de un 6 a 7 % para los cerdos alimentados con pellet en comparación a los alimentados con harina.

En estudios similares Hamilton (1978), encontró una mejora en la conversión alimenticia para cerdos alimentados con pellet de 3.26 a diferencia de los alimentados con harina que fue de 3.54, mejorando en un 8% la conversión alimenticia. Asimismo Trevis (1979) realizo un experimento con harina, pellets de mala calidad y pellets de buena calidad, las

conversiones fueron de 3.83, 3.81 y 3.31, por lo que hizo énfasis en que si se alimentaba con pellets de mala calidad, no se podría percibir ganancia alguna del proceso de peletizado.

De acuerdo a Tri State (1998) cuando el alimento es peletizado las conversiones alimenticias mejoran de un 4 a 6% y esto se atribuye a que se reduce el desperdicio de alimento y a la mejora en la digestibilidad del alimento. Sin embargo esto no explica completamente si los factores que afectan la digestibilidad del pellet son cambios en el comportamiento del animal hacia el alimento, cambios en la forma en la que el tracto digestivo reacciona de acuerdo a la forma del alimento, peletizada o en harina o un efecto directo del procesamiento térmico, por lo que se debe hacer mayor investigación.

Cuadro 6. Índice de conversión alimenticia de los cerdos alimentados con harina y pellet en las etapas de inicio, crecimiento y final.<sup>1</sup>

Tratamientos	Inicio±DE	Crecimiento±DE	Final±DE
Harina	1.74±0.08	2.84±0.09	2.99±0.04 <sup>a</sup>
Pellet	1.66±0.08	2.64±0.08	2.78±0.04 <sup>b</sup>
P <sup>2</sup>	0.292	0.058	0.005
C.V. <sup>3</sup>	5.06	3.36	1.44

<sup>1</sup>Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

<sup>2</sup>Probabilidad

<sup>3</sup>Coefficiente de variación.

DE. Desviación estándar

#### 4.4 ANALISIS ECONÓMICO

El cuadro 7 muestra el análisis marginal de costos para la alimentación total de los cerdos. Se realizó usando un precio de \$ 1.97 por kilogramo de cerdo en pie, para estimar los ingresos y la utilidad/cerdo.

Con el uso de pellet se obtuvo la mejor utilidad por alimentación (Cuadro 7) con diferencias de \$ 7.88 en la utilidad por cerdo en comparación al tratamiento en harina.

Cuadro 7. Análisis marginal de costos totales en US\$ para la alimentación de cerdos con pellet y harina a partir de la etapa de inicio hasta la etapa final.

TRT	CAPC	CPC	CA	CATC	PPC	ICA	IEV	UC
Harina	35	275.15	0.488	169.27	114.73	2.52	226	56.74
Pellet	35	247.96	0.494	157.49	112.75	2.32	222	64.62

Precio de venta por kg de cerdo en pie: 1.97\$

CAPC: Costo alimento Pre iniciadores/Cerdo.

CPC: Consumo promedio/ Cerdo en Kg.

CA: Costo del alimento/Kg.

CATC: Costo alimentación total/ Cerdo

PPC: Peso promedio/cerdo

ICA: Índice de conversión alimenticia

IEV: Ingreso estimado por venta

UC: Utilidad/ Cerdo

## **5. CONCLUSIONES**

- El consumo diario de alimento fue menor para el alimento peletizado en las etapas de crecimiento, desarrollo y final.
- Se obtuvo un mejor índice de conversión alimenticia para la etapa final con el alimento en pelet.
- La ganancia diaria de peso fue similar para todas las etapas con ambos tratamientos.
- Con el alimento peletizado se obtuvieron los mejores márgenes de utilidad.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Utilizar el alimento peletizado en los programas de alimentación ya que se observó una tendencia hacia mejores índices de conversión alimenticia a partir de la etapa de crecimiento y se obtienen mejores márgenes de utilidad.
- Realizar investigaciones basadas en el procesamiento de los granos, para determinar mejores combinaciones en los procesos de peletizado.
- Realizar estudios sobre la calidad del pellet, ya que muchos de los resultados positivos del peletizado están basados en los parámetros de calidad del mismo.

## 7. LITERATURA CITADA

Behnke, K.C. 1994. Maryland Nutrition Conference. Dept. of Poultry Science and Animal Science, College of Agriculture, University of Maryland, College Park.

Behnke, K.C, Beyer R.S. 2002. Effect of feed processing on broiler performance. Kansas State University. Manhattan, Kansas.

Castaldo, D.J., 2006. Feed Pelleting Section 1: Why Pellet Feed. Unpublished book chapter.

Castillo R. 2006 Producción de cerdos. Primera edición. Zamorano. Academic Press. Zamorano, Honduras. 49 p.

Castro, Cristhian. 2006. Evaluación de dos programas de alimentación para cerdos en la fase de engorde. Tesis. Ingeniero Agr. Zamorano, Honduras, 16 p.

Falk, D. 1985. Feed Manufacturing Technology III. Ed. R.R. McElhiney. American Feed Industry Assn. Arlington, VA.

Guy, R. 2001. Extrusión de los alimentos tecnología y aplicaciones. Trad. AI Ribas Acibia. Manhattan, Kansas. 13 p.

Hamilton, C.R., D.E. Orr, and L.F. Tribble. 1978. Effects of pelleting feed reported by Texas Tech. Feedstuffs, pp. 18, November 20, 1978.

Hancock, J.D., K.C. Behnke. 2001. Use of ingredient and diet processing technologies (grinding, Mixing, Pelleting, and Extruding) to produce quality feeds for pigs, Chapter 21. In: Swine Nutrition, A.J. Lewis and L.L. Southern, Eds., CRC Press LLC, Boca Raton, FL. PP 469-497.

Hayes, K. W. 1979. Pelleting sorghum diets on performance and shrink of swine. Tesis. M, Sc. Estados Unidos. Texas Tech University. 16 p.

Heffner LE, Pfof HB. Gelatinization during pelleting. Feedstuff 1973; 45:33.

Kaliyan N, Morey V. R. 2008. Factors affecting strength and durability of densified biomass products. (en línea). Department of bioproducts and biosystems engineering. University of Minnesota. Consultado el 9 de septiembre de 2010. Disponible en

[http://www.biomasschpethanol.umn.edu/August%202010%20updates/Densification\\_Articles/Kaliyan%20and%20Morey\\_2009\\_Biomass%20and%20Bioenergy\\_Draft.pdf](http://www.biomasschpethanol.umn.edu/August%202010%20updates/Densification_Articles/Kaliyan%20and%20Morey_2009_Biomass%20and%20Bioenergy_Draft.pdf)

Koch, K.B. 2008. Feed mill efficiency. North Dakota State University, USA.

NCR-42 Committee on Swine Nutrition. 1969. Cooperative regional studies with growing swine: Effects of source of ingredients, form of diet and location on rate and efficiency of gain of growing swine. *J. Anim. Sci.* 29:927

Martin, S.A. 1983. First International Symposium on Particle Size Reduction in the Feed Industry. Kansas State University, Manhattan.

Mateos G.G, Valencia D, Piqueras V. 2005. Influencia del procesamiento de ingredientes y piensos terminados sobre la productividad en monogástricos. Consultado el 6 de septiembre 2010. Disponible en [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/05CAP\\_XII.pdf](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/05CAP_XII.pdf)

Maier DE, Kelley RL, Bakker-Arkema FW. In-line, chilled air pellet cooling. *Feed Mgmt* 1992; 43:28-32.

Mckinney, L. 2008. Feed processing factors that impact feed efficiency. Kansas, USA. Feedtech.

Murakami AE; Souza LMG; Sakamoto MI; Fernandes JIM. 2008. Using processed feeds for laying quails.(en línea). *Revista brasileira de ciencia agricola* vol.10 no.4. Consultado 19 ago. 2010. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-635X2008000400002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2008000400002)

Obernberger I, Thek G. 2004. Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior. *Biomass and Bioenergy* 2004; 27:653-669.

Pané, A. 1993. El proceso de extrusión en cereales y habas de soja (en línea). Barcelona. Consultado 4 de octubre 2006. Disponible [http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP\\_6\\_II.pdf#search=%22extrusion%20de%20maiz%22](http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/93CAP_6_II.pdf#search=%22extrusion%20de%20maiz%22).

Polanco, H. 1999. Evaluación de cuatro programas de alimentación de cerdos desde el inicio hasta el engorde. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 28 p.

Skoch, E. R., S. F. Binder, C. W. Deyoe, G. L. Allee, and K. C. Behnke. 1983. Effects of pelleting conditions on performance of pigs fed a corn-soybean meal diet. *J. Anim. Sci.* 57:922.

Stevens, C.A. 1987. Ph.D. Dissertation. Kansas State University. Manhattan.

Trevis, J. 1979. Size and quality of pellets may influence feed usage. *Feedstuffs*, pp. 20, November 26, 1979.

Tri – State. 1998. Swine nutrition guide. Purdue University. Ohio State University and Michigan State University. Bulletin 869.

Van Der Poel, A.F.B, Fransen, H.M.P, Bosch, M.W. 1997. Effect of expander condition and pelleting of a diet containing tapioca, pea and soybean meal on the tract digestibility in growing pigs. *Animal feed science technology*. Vol 66. 289-295 p.

Vest L. Southeastern survey: factors which influence pellet production and quality. *Feed Mgmt* 1993; 44:60-8

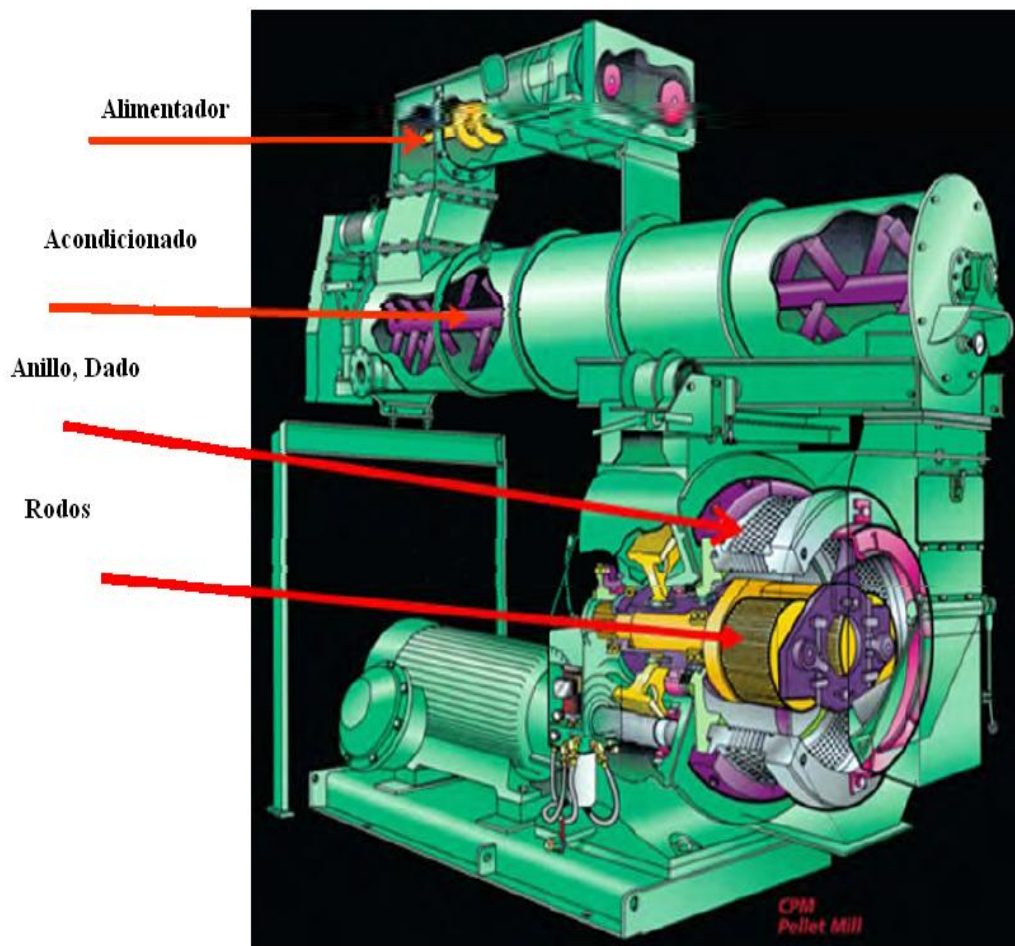
Winowisky, T. Pellet quality in animal feeds. American Soybean Association. No. 195/11/95. Vol. FT21-1995.

Wondra, K.J, Hancock, J.D, Behnke K.C. 1995. Effect of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 73:757-763.

Wood JF. The functional properties of feed raw materials and the effect on the production and quality of feed pellets. *Animal Feed Sci Tech* 1987; 18:1-17.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Características del peletizador.



Fuente: Koch 2008.

Anexo 2. Índice de durabilidad del pellet (PDI) y porcentaje de finos para la producción de alimento para cerdos de febrero a junio del 2010

		Inicio Delicia															
		Febrero				Marzo				Abril							
<b>2010</b>																	
DIA----->		2	10	24	2	16	22	8	14	20	23	29					
P.D.I.		94	95.5	94	90	91.6	95.6	94.2	94.8	96.6	95.2	95					
finos %		4.6	7.1	6.6	8	7.3	8.3	8	6.9	4.4	6.9	7.8					
<b>2010</b>		Junio															
DIA----->		25	28	2	5	8	12	18	24								
P.D.I.		94.6	94.6	94.6	95	93.9	94.8	95.6	96.4								
finos %		5.8	4.9	3.9	3.4	7.2	4.6	6.2	5.8								
		Crecimiento Delicia															
		Marzo															
<b>2010</b>																	
DIA----->		2	4	8	13	17	19	26	26	26	2	5	10	13	13	15	16
P.D.I.		95.4	95	92	94.1	94.1	94.2	94	92	92.3	90.9	92.3	94.4	91.2	94.4	93	95
finos %		6	6.6	7.4	7.2	7.8	7.5	5.4	7.7	6.9	8.2	7.1	5.8	6.7	7.8	8.8	6.1
<b>2010</b>		Mayo															
DIA----->		6	9	9	12	16	21	24	27	28	28	29	30	26	28	28	31
P.D.I.		94	94.4	93.2	94.4	93.8	92.8	92.3	93	94.2	95	94.2	94.8	94.6	94.2	93.6	95.2
finos %		8	7	8.7	7	7	7.7	8.6	5.3	6.9	7.6	4.3	3.9	7.2	5	7.3	6.4
		Junio															
DIA----->		1	2	3	4	4	5	8	10	13	16	16	17	19	23	25	25
P.D.I.		97.2	97.4	95.2	95.2	95.6	95.4	94.7	95.4	95.6	94.1	95.2	95.6	95.4	97.2	93.8	96
finos %		4.5	5.3	6.4	4.9	6.2	4.8	6.3	5.6	7.6	7	6.8	4.8	4.6	4	5.8	4.6

