



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
Y AMBIENTAL**

**ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**EFEECTO DE LA GRANULOMETRÍA DE LA MEZCLA CON INCLUSIÓN DE  
HARINA DE TRIGO SUAVE *Triticum aestivum* EN LA CALIDAD DE PELLET  
COMO ALIMENTO CONCENTRADO PARA VACAS LECHERAS.**

**AUTOR:** *Rocha Cadena Frank Israel*

**DIRECTOR DE TESIS:** Ing. Ángel Satama

**COMITÉ LECTOR:**

Ing. Marcelo Vacas

Ing. Miguel Aragón Esparza

Ing. Luis Manosalvas

**LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** Planta de Alimentos Balanceados Puenbo

**BENEFICIARIOS:** Ganaderos de vacas lecheras del Ecuador

**AÑO DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO:** 2014

**Ibarra, 2015**

## HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



---

**APELLIDOS:** ROCHA CADENA

**NOMBRES:** FRANK ISRAEL

**C. CIUDADANÍA:** 100326376-9

**TELÉFONO CELULAR:** 0984088045

**CORREO ELECTRÓNICO:** [aalk77@hotmail.com](mailto:aalk77@hotmail.com)

**DIRECCIÓN:** Provincia: Imbabura  
Cantón: Ibarra  
Parroquia: Caranquí

**FECHA DE DEFENSA DE TESIS:** 16 de Julio de 2015

**Ibarra, 2015**

---

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 22/07/2015

**ROCHA CADENA FRANK ISRAEL**, “Efecto de la granulometría de la mezcla con la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras” / TRABAJO DE GRADO. Ingeniera Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agroindustrial Ibarra. EC. Julio 23 del 2015.

297 p.

**DIRECTOR: Ing. ÁNGEL SATAMA**

El objetivo principal de la presente investigación fue, evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla con la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras. Entre los objetivos específicos se determinó; evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla y de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, por medio de los parámetros de calidad para pellet, estimar la calidad nutricional del producto terminado y aplicar un modelo de correlación del promedio de la dureza e índice de durabilidad del pellet PDI (normal) como nueva medición de calidad de pellet.

Fecha 23 de Julio, 2015

---

Ing. Ángel Satama

Director de Tesis

---

Frank Israel Rocha Cadena

Autor

# Efecto de la granulometría de la mezcla con inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras.

**Autor:** Rocha Cadena F. I.  
**Coautor:** Ángel Satama

## RESUMEN

En la presente investigación, se evaluó el efecto de la granulometría de la mezcla con inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras. La investigación experimental se llevó a cabo en el **laboratorio físico-químico, áreas de producción y nutrición animal** de la planta de alimento balanceado ubicada en la av. Interoceánica Km 21 Sector Chiche Puenbo-Quito. Este trabajo propone **“mejorar los parámetros de calidad de pellet”** como alimento concentrado para vacas lecheras, mediante la compactación del mismo contribuyendo a obtener mayor cantidad de alimento en los comederos y con ello mejorar los parámetros productivos de leche. El diseño experimental aplicado fue Diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B, se probó en 2 tipos de alimentos los cuales constan de 4 tratamientos, en 12 repeticiones para el alimento concentrado de alta densidad nutricional y 14 repeticiones para el de baja densidad nutricional. Tratamiento (T1) y (T2) con inclusión de 10 y 0% respectivamente de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, con granulometría de la mezcla superior a 640 micras, el tratamiento (T3) y (T4) con inclusión de 10 y 0% de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, con granulometría de la mezcla inferior a 640 micras. La unidad experimental para la granulometría de la mezcla fue de 50 g, índice de durabilidad del pellet (PDI) normal y modificado 500 g, porcentaje de migajas y finos dependiendo del producto terminado correspondiente a 40 kg.

Los tratamientos que presentaron mayor calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional fue: T3, PDI (normal) 97,33 %, PDI (modificado) 96,08 %, finos 4,14 %, migajas 1,64 % y para alimento concentrado de baja densidad nutricional T1, PDI (normal) 96,43 %, PDI (modificado) 94,71 % y finos 4,76 %.

**Palabras claves:** PDI, parámetros, alimento concentrado, granulometría, pellet.

## ABSTRACT

In the present investigation, the effect of the particle size of the mixture including soft wheat flour *Triticum aestivum* in the pellet quality as food concentrate for dairy cattle was evaluated. The experimental research was conducted on the **physical-chemical laboratory, production areas of animal nutrition and pet food plant** located in av. Interoceanic Km 21 Sector Chiche Puenbo-Quito. This work aims to **"improve the quality parameters of pellet"** as concentrated

feed for dairy cows, by compacting the same contributing to get more food in the feeders and thereby improve milk production parameters. The experimental design applied was completely randomized design with factorial arrangement A x B, was tested in two types of foods which consist of 4 treatments, 12 repetitions for concentrated nutrient-dense food and 14 repetitions for low nutrient density . Treatment (T1) and (T2) including 10 to 0% respectively of soft wheat flour *Triticum aestivum*, with higher granulometry mixture 640 microns, treatment (T3) and (T4) including 10 and 0% of soft wheat flour *Triticum aestivum*, particle size of less than 640 microns mixture. The experimental unit for the particle size of the mixture was 50 g, the normal rate of pellet durability (PDI) and 500 g modified, and fine crumb percentage depending on the finished product corresponding to 40 kg. The treatments had higher pellet quality for concentrate nutrient-dense food was, T3, PDI (normal) 97.33%, PDI (modified) 96.08%, 4.14% fine, crumbs and 1.64% concentrated food of low nutritional density T1, PDI (normal) 96.43%, PDI (modified) 94.71% and 4.76% fine.

**Keywords:** PDI, parameters, concentrated food, grain, pellet.

## INTRODUCCIÓN

Para lograr una producción sostenible en las vacas lecheras, se requiere de una alimentación eficiente que entrega el alimento concentrado favoreciendo su alimentación con el aumento de su energía, es importante destacar que el procesamiento de almidones, fibra, proteína, minerales, ceniza, grasa y otros componentes de las raciones ayudan a mejorar la conversión alimenticia del 6 al 7 % del animal, en comparación con el alimento harinoso, obteniendo de esta forma mayores resultados en los parámetros productivos.

El proceso de peletizado provee beneficios físicos debido a que existe alta uniformidad en las partículas, evitando la selectividad del alimento así como la destrucción de microorganismos patógenos debido al incremento en las temperaturas durante el procesamiento. La acción del calor, la presión y la humedad durante el proceso de peletizado, desorganiza la estructura de los almidones produciendo gelatinización lo que mejora la digestibilidad del alimento.

La necesidad de utilizar suplementos proteicos en alimentación animal se ve satisfecha por una variada gama de productos de origen vegetal que contribuyen en sus necesidades nutricionales.

El propósito de esta investigación es evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla con la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras, para aumentar la compactación del pellet y con ello obtener un producto terminado de calidad para los ganaderos del país.

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

Evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla con inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* en la calidad de pellet como alimento concentrado para vacas lecheras.

### Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la granulometría de la mezcla en la calidad del pellet, por medio de los parámetros de calidad para pellet.
- Determinar el efecto de la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*, por medio de los parámetros de calidad para pellet.
- Estimar la calidad nutricional del producto terminado.
- Aplicar un modelo de correlación del promedio de la dureza e índice de durabilidad del pellet PDI (normal).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia prima

- Maíz
- Afrechillo
- Harina de trigo suave *Triticum aestivum*
- Pasta de soya
- Caliza
- Aceite de palma
- Afrecho de cerveza

### Aditivos

- Luctamold
- Fosfato

### Equipos

- Balanza manual
- Balanza analítica
- PDIómetro
- Equipo de actividad de agua
- Molino de martillos
- Peletizadora Paladín 2000
- Sistema de batcheo control de dosificación y del proceso de peletizado
- Sistema Brill para la formulación
- Sistema Ro-Tap, para granulometría
- Balanza halógena
- Durómetro Kahl

### Materiales

- Fundas
- Pala
- Pluma
- Bandeja plástica
- Tamices

## MÉTODOS

Las muestras fueron tomadas de cada lote de producción de alimento peletizado, durante los seis meses de la investigación experimental para las dos tipos de raciones, alimento concentrado de alta densidad nutricional y concentrado de baja densidad nutricional.

### Dureza:

Consiste en determinar la durabilidad del pellet, se tomara las lecturas de diez pellets por lote, pues los resultados pueden variar ligeramente según la posición del pellet en la mordaza. También porque diferentes operadores pueden obtener resultados ligeramente distintos dependiendo de la velocidad a la que se aplica la carga (Payne, et al., 2010).

### Procedimiento:

Colocar entre las mandíbulas del durómetro y ejercer presión operando sobre la osca conectada al muelle.

### Determinación, migajas, finos e índice de durabilidad de pellet normal y modificado:

Según (Lara, 2014), consiste en determinar el porcentaje de deterioro que sufre una cantidad de pellets, al someterlos a movimiento mecánicos bruscos con fricción y durante cierto tiempo, similar condiciones de manejo en los mismos, **norma ASAE S269-4**.

### Procedimiento:

- Colocar 500 gramos de una muestra sobre la malla # 6, después usar la malla #12 para separar migajas en el fondo de los tamices. Tamizar suavemente para separar las dos fracciones de migajas y finos.
- De la fracción gruesa retenida sobre la primera malla seleccionada, pesar 500 gramos y vaciarlos en el interior de los comportamientos del equipo determinador de durabilidad.
- Accionar el motor del equipo y mantener la rotación durante 10 min a 50 rpm.
- Al cabo de este tiempo, colocar el producto en las mallas descritas en el literal (a) y la operación de tamizado.
- Pesar la fracción gruesa retenida en la malla y expresar el resultado en % de PDI.  
**Nota:** Para el cálculo del (PDI) modificado se realizara conforme a los literales, a, b, c, d, e, con la diferencia que en la caja volteadora se agregaran 10 tuercas de 3/8.
- Pesar la fracción de pellets quebrados retenidos en la malla #12 y expresar el resultado como % de migajas.

g) Pesar la fracción fina del fondo y expresar el resultado cómo % de finos.

(PDI= índice de durabilidad del pellet)

**Cálculos:**

$$\% PDI = \frac{PF}{PI} \times 100$$

Donde:

PI= peso inicial de la muestra que se introduce al equipo (gramos)

PF= peso final de pellets intactos, fracción gruesa (gramos)

$$\% Migajas = \frac{PF1}{PI} \times 100$$

Donde:

PI = peso inicial de la muestra que se introduce en el equipo (gramos)

PF1 = peso final de migajas retenidas en la malla #12 (gramos)

$$\% Finos = 100 - \% PDI - \% MIGAJAS$$

Donde:

100= valor de referencia resultado en %.

#### Determinación de la granulometría de productos por el método rápido:

(Oscar, 2013) dice que la granulometría es la medida del tamaño promedio de las partículas de una masa sólida fragmentada, **norma ASAE ISO 2591-1**, para ello se procede de la siguiente manera:

- Armar el sistema de tamices en el siguiente orden de numeración, N.- 8, 16, 30, 50, 100, 250 y el plato recolector.
- Pesar 50g de la muestra previamente homogenizada y poner sobre el primer tamiz.
- Prender el Ro-Tap y programar en 3 minutos para el método rápido.
- Pesar la cantidad retenida en cada tamiz.
- Pesar brevemente una brocha para asegurarse que no quede polvo en cada tamiz.
- Ingresar los datos obtenidos en la base de datos de Excel.

**Calculo:**

$$D_{gw} = \log^{-1} \left( \frac{\sum (W_i \times \log d_i)}{\sum W_i} \right)$$

$$S_w = \log^{-1} \sqrt{\frac{\sum W_i \times (\log d_i - \log D_{gw})^2}{\sum W_i}}$$

$$d_i = \sqrt{(d_u \times d_o)}$$

En donde:

di= diámetro de la abertura de los tamices usados (micras)

du= diámetro de abertura del tamiz a través del cual pasa el producto

do= diámetro de abertura del tamiz anterior (en la serie usada), a través del cual no pasa el producto

Dgw= media geométrica del diámetro

Sw= desviación geométrica estándar

Wi= peso retenido sobre cada tamiz

#### PROCESO DE PEETIZADO.

##### RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA.

El proceso de elaboración de alimento balanceado empieza por la inspección preliminar de la calidad de la materia prima a granel o en sacos, granulometría, impurezas, micotoxinas, densidad aparente.

En el caso de harina vegetal se le determina únicamente humedad cuyo rango debe estar entre el 6% y 12% y las granulometrías. Nunca debe ingresar materia prima infesta de insectos como los gorgojos, pajarilla.

##### MOLIENDA.

Es el primer procesamiento que sufren las materias primas en la elaboración del alimento terminado. Con el molino se pretende conseguir la granulometría adecuada de las partículas en tamaño (tmp) (Behnke & Beyer, 2010).

##### DOSIFICACIÓN.

Esta operación consiste en el pesaje de cada uno de las materias prima macros y micros que compone la dieta, generalmente se lo realiza por un sistema de batcheo que no es otra cosa que un computador que dosifica mediante tornillos sin fin uno a uno los ingredientes que han sido depositados en las diferentes tolvas a una báscula común y al final de la cual emite un reporte impreso de los pesos y materias primas realizados en el batch (Behnke & Beyer, 2010).

##### MEZCLADO.

Esta operación la cual es de mucha importancia el control estará enfocado a un análisis químico denominado índice de mezclado cuyo objetivo es terminar la homogeneidad de la mezcla; es importante controlar el orden en el cual las materias primas e insumos que ingresan a la mezcladora (Oscar, 2014).

## ALIMENTACIÓN DEL ACONDICIONADOR.

Una vez que se ha realizado la mezcla de las materias primas y los micronutrientes, se liberan en una tolva para que sean acarreados de manera uniforme al acondicionador (Behnke & Beyer, 2010).

## ACONDICIONAMIENTO Y EXPANDIDO.

El proceso de acondicionado y expandido consiste en la adición de vapor, temperatura y presión a la mezcla para ganadería bovina lechera, la temperatura del acondicionado oscila entre los 60°C a 75°C con un vapor seco con tiempo de 35 segundos, temperatura del expandido va desde 100°C a 110°C durante 18 segundos, 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 (Behnke & Beyer, 2010).

## PELETIZADO.

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 5mm de diámetro una vez se va formando el pellet las cuchillas lo van cortando de acuerdo a la longitud del pellet (Oscar, 2014).

## ENFRIADO.

Esta operación el control está centrado a la temperatura de salida del pellet, según los parámetros normales, la temperatura no deberá estar por encima de 5 °C arriba de la temperatura ambiente, el ensacar producto caliente conlleva a la proliferación de hongos debido a la condensación de humedad dentro del saco. El porcentaje de humedad del pellet después de enfriado debe ser de 12 %, temperatura de 30-31°C (Oscar, 2014).

## ENSACADO.

Consiste en que una vez los pellets enfriados, se deberá ser empacado normalmente en sacos de polipropileno o de papel con pesos que van entre 20 a 40 kilos; de esta manera facilitar el transporte y su manipulación (Oscar, 2014).

## ALMACENAMIENTO.

Ensacado el producto se lo tiene que almacenar, para proteger la calidad del alimento, porque consiguiendo si el alimento no se almacena apropiadamente este podrá deteriorarse ya que las vitaminas y aditivos son sensibles al calor y algunas también a la luz como es el caso de la vitamina C.

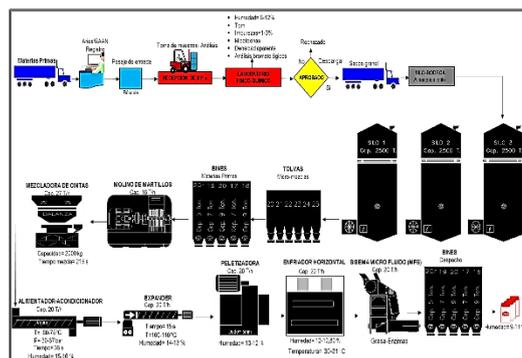


Diagrama 1. Proceso de peletizado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLET PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE ALTA DENSIDAD NUTRICIONAL.

#### ANÁLISIS DE LA VARIABLE MIGAJAS:

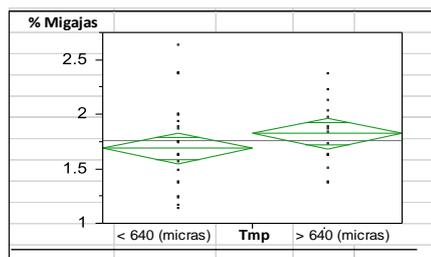
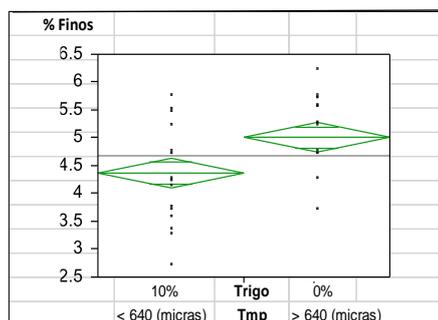


Figura 1. Respuesta del porcentaje de migajas a la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).

En la gráfica 1 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje de migajas disminuir en un 0,2 % durante los seis meses de producción por efecto de la granulometría menor a 640 (micras).

Disminuir el tamaño de las partículas de las diferentes materias primas da como resultado mayor área de superficie de volumen. Las partículas más pequeñas tendrán mayor número de puntos de contacto dentro de la matriz de los pellets en comparación con las partículas más grandes ayudando en la compactación, óptimo para los mejores resultados de peletización, esto está de acuerdo a la investigación realizada por (Anonym, Traceability in the Food Chain, 2009).

### ANÁLISIS DEL VARIABLE FINOS:

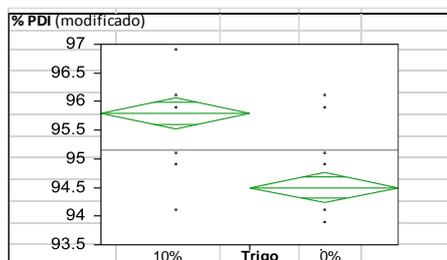


**Figura 2.** Respuesta del porcentaje de finos a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum* y la granulometría de la mezcla menor a 640 (micras).

En la gráfica 14 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje de finos al disminuir en un 0,7 % durante los seis meses de producción por efecto de la granulometría menor a 640 (micras) y la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Encontraron en sus investigaciones que el tamaño de partícula es un factor determinante en la calidad de pellet siendo altamente significativo ( $p < 0,01$ ), al reducir los tamaños de partícula en la mezcla de 610 y 580 (micras), disminuye el 10 % de finos en el alimento, esto está de acuerdo a la investigación realizada por (Cavalcanti & Behnken, 2011).

### ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLETT MODIFICADO:



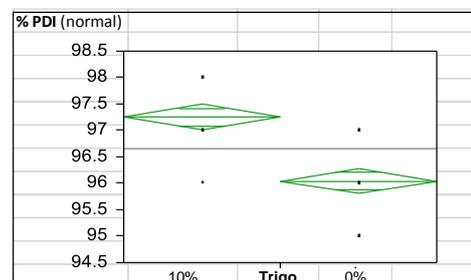
**Figura 3.** Respuesta del índice de durabilidad del pellet modificado a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

En la gráfica 3 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado al aumentar en un 1,2 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Los almidones que se encuentran en los cereales en forma de gránulos, al tener contacto con humedad y temperatura sufren un primer cambio que es el hinchazón de su molécula y luego hay una difusión de amilosa hasta finalmente convertirse en un gel debido a la formación de amilopeptina, las propiedades más relevantes son: poderoso aglutinante natural y hacer más digerible sustrato proteico del alimento

balanceado, esto está de acuerdo a la investigación realizada por (Oscar, 2014).

### ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLETT NORMAL:

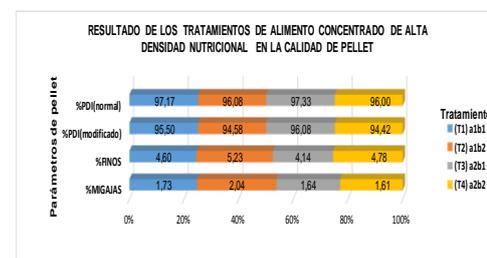


**Figura 4.** Respuesta del índice de durabilidad del pellet normal a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

En la gráfica 4 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal al aumentar en 1,4 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Cada materia prima tiene diferentes capacidades de absorción de líquidos factor importante en la calidad de pellet, ayudando para que la penetración de vapor en el acondicionador sea uniforme en la mezcla, en funciones principales en las formas de dosificación, actúa como agentes aglutinantes y disgregantes, la harina de trigo posee el índice de absorción de líquidos más elevado a diferencia de otras materias primas del 92,6 %, estos resultados están de acuerdo a los encontrados por (Rial, Méndez, & Larraga, 2009)

### COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLETT PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE ALTA DENSIDAD NUTRICIONAL.

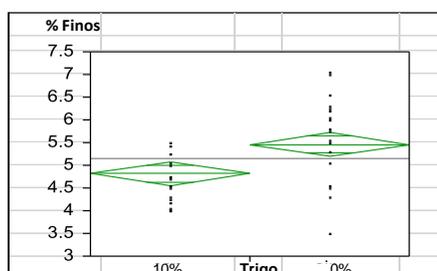


**Figura 5.** Comparación de parámetros de calidad de pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

Según los análisis cuantitativos, se puede observar que el tratamiento T3 (Inclusión de harina de trigo suave al 10 % y granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) fue el mejor tratamiento entre los evaluados.

## ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLET PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE BAJA DENSIDAD NUTRICIONAL.

### ANÁLISIS DEL VARIABLE FINOS:

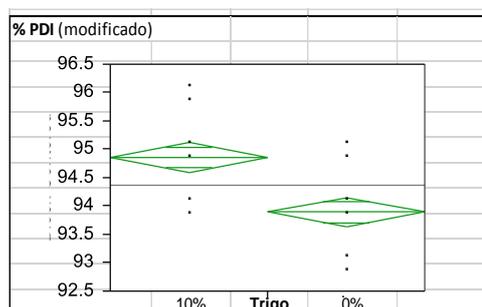


**Figura 6.** Respuesta del porcentaje de finos a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

En la gráfica 6 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje de finos al disminuir en un 0,8 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Los almidones tienen la capacidad de atar partículas de diferente tamaño o de formar puentes a través de su estructura, una vez esta sea expuesta a altas temperaturas y humedad en el acondicionador, los gránulos captan agua y comienzan a hinchar perdiendo su identidad estructural y forman una pasta viscosa dando como resultado la gelatinización. A mayor grado de gelatinización la durabilidad del pellet es mayor, estos resultados están de acuerdo a los encontrados por (Heffner & Pfost, 2011).

### ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLET MODIFICADO:

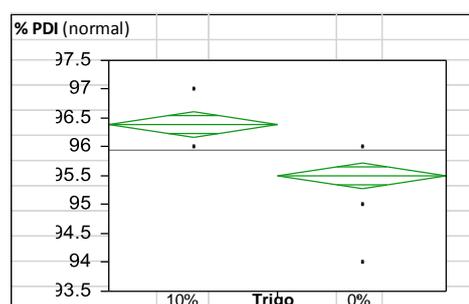


**Figura 7.** Respuesta el índice de durabilidad del pellet modificado a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

En la figura 7 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet modificado al aumentar en un 0,8 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

La gelatinización del almidón es un proceso de modificaciones que se producen cuando los gránulos de almidón son tratados por calor en agua. A temperatura ambiente no tienen modificaciones aparentes en los gránulos nativos de almidón pero cuando se le aplica calor (60 – 70 °C), la energía térmica permite que pase algo de agua a través de la red molecular, que lo hace un aglutinante de los más comunes empleados en la actualidad, estos resultados están de acuerdo a los encontrados por (Ruíz, 2007).

### ANÁLISIS DE LA VARIABLE ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLET NORMAL:

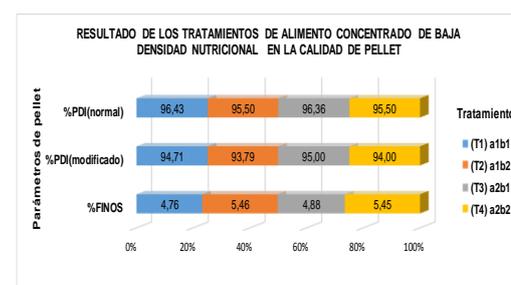


**Figura 8.** Respuesta el índice de durabilidad del pellet normal a la inclusión de harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

En la figura 8 mediante el análisis de la investigación se puede observar la mejora del porcentaje del índice de durabilidad del pellet normal al aumentar en un 0,9 % durante los seis meses de producción por efecto de la inclusión del 10 % harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

Estos resultados están de acuerdo a los encontrados por (Cavalcanti & Behnken, 2011) realizaron una investigación en donde se evaluó los efectos de la grasa, fibra, proteína y almidón. Los autores encontraron mejora en el índice de durabilidad del pellet normal, al gelatinizar los almidones, hace que éstos actúen como aglutinantes mejorando la consistencia del pellet, existiendo significación estadística con la inclusión de almidón obteniendo valores del 97% en el índice de durabilidad del pellet normal.

## COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE CALIDAD DE PELLET PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE BAJA DENSIDAD NUTRICIONAL.



**Figura 9.** Comparación de parámetros de calidad de

pellet para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

Según los análisis cuantitativos, se puede observar que el tratamiento **T1** (Inclusión de harina de trigo suave al 10 % y granulometría de la mezcla superior a 640 (micras) fue el mejor tratamiento entre los evaluados.

### ANÁLISIS DEL VARIABLE VALOR NUTRICIONAL DEL PRODUCTO TERMINADO:

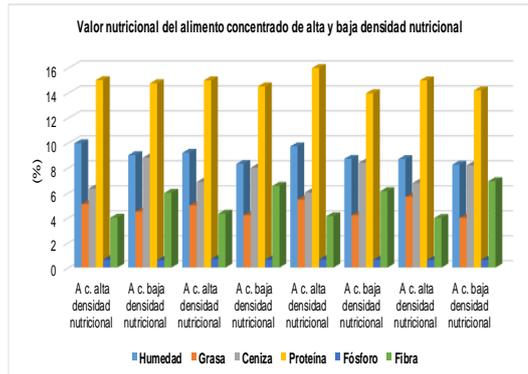


Figura 10. Valor nutricional del alimento concentrado de alta y baja densidad nutricional.

De acuerdo a los análisis, humedad, grasa, ceniza, proteína, fósforo y fibra, se considera que los productos elaborados presentan alta calidad en las características nutrimentales, el alimento concentrado de alta densidad nutricional supera en grasa, proteína y humedad, siendo un alimento utilizado para vacas en alta producción de leche, mientras que el de baja densidad presenta contenidos altos de fibra y ceniza requerimientos necesarios para vacas en media producción.

### MODELO DE CORRELACIÓN ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL PELLETT NORMAL Y PROMEDIO DE DUREZA.

### MODELO DE CORRELACIÓN PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE ALTA DENSIDAD NUTRICIONAL.

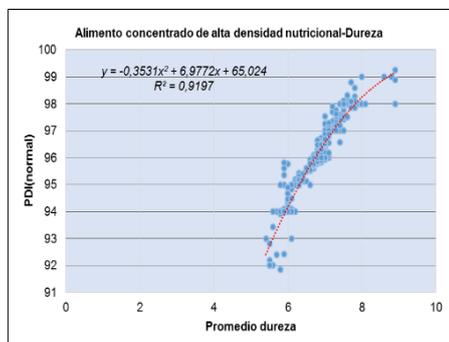


Figura 11. Modelo de correlación para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

La figura 11, nos indica la correlación del alimento concentrado de alta densidad nutricional, tiene un ajuste del  $R^2=0,91$ , lo que permite definir que existe relación efectiva entre las dos variables con valores de PDI (normal) de 92 a 99 %, promedio de dureza de 5 a 9 kgf/cm<sup>2</sup>.

### MODELO DE CORRELACIÓN PARA ALIMENTO CONCENTRADO DE BAJA DENSIDAD NUTRICIONAL.

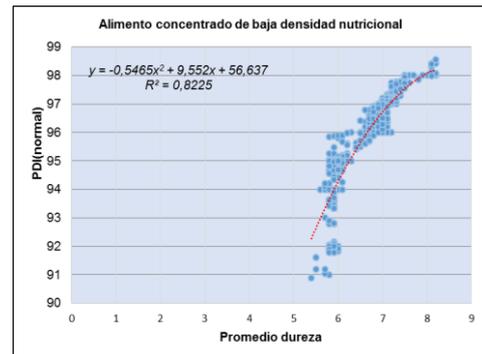


Figura 12. Modelo de correlación para alimento concentrado de alta densidad nutricional.

La figura 35, nos indica la correlación del alimento concentrado de baja densidad nutricional, tiene un ajuste del  $R^2= 0,82$ , lo que permite determinar que existe eficaz concordancia entre las dos variables, con valores de PDI (normal) de 91 a 99 % y promedio de dureza de 5 a 8 kgf/cm<sup>2</sup>.

### CONCLUSIONES

-La granulometría de la mezcla inferior a 640 (micras) incide en el alimento concentrado de alta densidad nutricional para vacas lecheras, presento un efecto mínimo sobre el porcentaje de migajas en 1,61% cuando no se incluye harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

-La granulometría de la mezcla menor a 640 (micras) incide en el alimento concentrado de alta densidad nutricional para vacas lecheras sobre el contenido de finos en 4,14% al incorporar el 10% de la harina de trigo suave *Triticum aestivum*.

-La incorporación en la formulación del 10 % de harina de trigo suave *Triticum aestivum* presento mayor efecto en la elaboración de alimento concentrado peletizado de alta y baja densidad nutricional para vacas lecheras disminuye el porcentaje de finos y aumenta el índice de durabilidad del pellet normal y modificado.

-Los análisis nutricionales del alimento concentrado de alta densidad nutricional presenta valores superiores en proteína y grasa, requerimientos nutrimentales para vacas lecheras en alta producción de leche.

-El alimento concentrado de baja densidad nutricional presenta valores superiores en cantidad de fibra y

ceniza requerimientos nutrimentales para vacas en producción normal de leche.

.Aplicado el modelo de correlación de las variables de estudio índice de durabilidad del pellet normal y promedio de la dureza, las ecuaciones de regresión presentan alta confiabilidad, lo que permite sugerir a este método como forma alternativa en el cálculo del índice de durabilidad del pellet normal y las mismas que permitirán establecer ventaja en el tiempo de análisis.

## BIBLIOGRAFÍA

Anonym. (2009). Traceability in the Food Chain. A Preliminary Study, 1-2.

Behnke, K. C., & Beyer, R. S. (2010). Effect of feed processing on broiler performance., (pp. 25,26,27,28,29). Manhattan, Kansas.

Cavalcanti, & Behnken, K. (2011). *Evaluación de los factores que afectan la durabilidad del pellet*. Kansas.

Heffner, L. E., & Pfof, H. B. (2011). *Gelatinization during pelleting*. Kansas.

Lara. (2014). *Método de análisis (PDI),determinacion durabilidad de pellets*. Quito.

Oscar, A. (2013). *Instrucción Planes de Muestreo y Glanulometría*. Quito.

Oscar, A. (2014). *Control de calidad en el proceso de fabricación de alimento balanceado extruido para especies acuicolas*. Quito.

Payne, J., Rattink, W., Smith, T., Winowisk, T., Dearsley, G., & Strom, L. (2010). Manual del peletizado.

Rial, E., Méndez, J., & Larraga, L. (2009). Nuevas tecnologías en la fabricación de piensos. *Curso de espelización Fedna*.

Ruíz , G. (2007). *Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón*. Ingeniería en ciencia.

