

**Evaluación de las características físico-  
químicas del concentrado de vaca lechera a  
base de afrecho de malta de cebada**

**Walter Francisco Guerra Valladares**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2012

ZAMORANO  
DEPARTAMENTO DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Evaluación de las características físico-químicas del concentrado de vaca lechera a base de afrecho de malta de cebada**

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

Presentado por:

**Walter Francisco Guerra Valladares**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2012

# **Evaluación de las características físico-químicas del concentrado de vaca lechera a base de afrecho de malta de cebada**

Presentado por:

Walter Francisco Guerra Valladares

Aprobado:

---

Edward Moncada, M.A.E.  
Asesor Principal

---

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

---

Francisco Javier Bueso, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Guerra Valladares, W.F. 2012. Evaluación de las características fisico-químicas del concentrado de vaca lechera a base de afrecho de malta de cebada. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 24 p.

En la actualidad la industria cervecera enfrenta un problema en cuanto al manejo de sus subproductos. Es por ello que existen diferentes investigaciones sobre los posibles usos de dichos subproductos. El afrecho cervecero es el que tiene un mejor contenido nutricional comparándolo con levadura, lodo y tierra filtrante. En consecuencia este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la humedad del afrecho de malta de cebada sobre la estabilidad en almacenamiento del concentrado para vaca lechera. Se establecieron 4 tratamientos con 8, 12, 14% de humedad y el testigo; arreglado en un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo al día cero y al día treinta. Los parámetros de calidad que se evaluaron fueron en análisis físicos granulometría, en análisis químicos actividad de agua ( $A_w$ ) y valor TBA (ácido tiobarbitúrico, índice de rancidez) y finalmente en análisis microbiológicos se analizaron mohos y levaduras. El tratamiento del 8% de humedad obtuvo menor actividad de agua al día 0, menor índice de oxidación al día 0 y menor formación de gránulos al día 30. Sin embargo, los demás tratamientos (12 y 14%) igualmente cumplieron con los parámetros de calidad de los alimentos balanceados. Por lo tanto, la variación de humedad en el afrecho de malta de cebada no tuvo efecto según el estándar de calidad de piensos. Asimismo, hubo una disminución de 0.32 dólares por quintal al utilizar el afrecho cervecero. Es importante hacer un análisis de micotoxinas para evaluar el grado de toxicidad de la dieta antes de probarla en campo.

**Palabras clave:** Alimento balanceado, estabilidad de piensos, subproductos cerveceros.

## CONTENIDO

	Portadilla .....	i
	Página de firmas .....	ii
	Resumen.....	iii
	Contenido .....	iv
	Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA CITADA .....</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>21</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

		Página
<b>Cuadros</b>		
1.	Composición química del afrecho de malta de cebada.....	1
2.	Diseño experimental.....	6
3.	Resultado de análisis proximal de residuos de la industria cervecera. ...	7
4.	Formulación de tratamientos.....	8
5.	Separación de medias para Actividad de agua del alimento balanceado.....	9
6.	Separación de medias de valor TBA de los tratamientos (mg de MDA / kg de muestra).....	10
7.	Granulometría de concentrado de vaca lechera a base de malta de cebada para el tamiz 30 (600 $\mu$ ).....	12
8.	Granulometría de concentrado de vaca lechera a base de malta de cebada para el tamiz 40 (425 $\mu$ ).....	13
9.	Análisis de costos variables de la formulación de concentrado de vaca lechera a base de malta de cebada con el tratamiento de 14% de humedad (dólar americano). ....	16
<b>Figuras</b>		
1.	Flujo de proceso de concentrado para vaca lechera. ....	5
2.	Distribución de peso de muestra del tratamiento de 8% de humedad....	14
3.	Distribución de peso de muestra del tratamiento de 12% de humedad..	14
4.	Distribución de peso de muestra del tratamiento de 14% de humedad..	15
5.	Distribución de peso de muestra del tratamiento testigo .....	15
<b>Anexos</b>		
1.	Análisis proximal del afrecho de malta de cebada. ....	21
2.	Control de temperatura y humedad relativa de almacenamiento de la bodega de materias primas de la planta de concentrados de Zamorano.	22
3.	Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en alimentos.....	23
4.	Granulometría según especie (X Congreso Nacional de Producción Porcina, Mendoza, Argentina, 2010).....	24

## 1. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de residuos agroindustriales como materia prima para procesos en otras industrias, ha sido objeto de preocupación desde la década de los 70's (Saval 2012). Un residuo agroindustrial es definido como aquello que puede o no tener valor comercial, ya que son poco comunes o se generan en bajas cantidades, sin embargo, alguno de sus componentes puede conferirle un interés particular. Lo que implica la necesidad de caracterizarlos con el fin de conocer su composición y darle un uso apropiado. (Saval 2012).

La industria cervecera que utiliza como materia prima la cebada (*Hordeum vulgare*), genera afrecho de malta de cebada como residuo de mayor volumen (González 2011). Este es un subproducto húmedo y altamente perecedero, procedente del proceso de maceración.

Debido a su composición rica en fibra y proteína cruda (Forage Testing Laboratory 2012) como vemos en el Cuadro 1, puede ser utilizada en alimentación de rumiantes (Villacrés 1994), ya sea de manera directa o incluida en la formulación de piensos concentrados.

Cuadro 1. Composición química del afrecho de malta de cebada.

Alimento	Materia Seca (%)	Proteína Cruda (%)	Energía Bruta (kcal/kg)
Afrecho de cebada	22.06 ± 2.3	28.9 ± 0.3	4589 ± 71

Fuente: Morillo, Faría-Mármol (1996).

Gallardo (2001), afirma que se han obtenido resultados positivos al incluir los productos de destilería en la alimentación de vacas de alta producción, en sustitución de maíz y otras materias primas. Además de obtener el beneficio de abaratar costos de alimentación disminuyendo insumos cuyos precios se elevan continuamente.

Martínez, Cruz (2008); estudiaron el tiempo de almacenamiento en el nivel de contaminación y deterioro de los piensos destinados a reproductores porcinos. Ellos registraron la proporción de partidas con más del 12% de humedad y con menos del 16% de proteína bruta, agrupándose las partidas según el tiempo de almacenamiento en 0 a 6, 7 a 15, 16 a 30 y más de 30 días. Concluyeron que no es recomendable almacenar el concentrado después de 15 días.

Algunos datos que sirven para tener una idea del volumen de residuos que generan diferentes tipos de industrias son los siguientes: la industria de la cerveza solamente utiliza el 8% de los componentes del grano, el resto 92%, es un residuo; la industria de aceite de palma utiliza el 9%, el 91% restante es un residuo; la industria del café utiliza el 9.5%, el 90.5% restante es un residuo y la industria del papel utiliza menos del 30%, el resto es un residuo (Saval 2012).

En este contexto se definieron los objetivos siguientes:

- Determinar el efecto de la humedad del afrecho de malta de cebada sobre la estabilidad en almacenamiento del concentrado para vaca lechera.
- Establecer los costos variables del concentrado con la adición del afrecho cervecero.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, ubicada a 30 km. al sureste de Tegucigalpa, Honduras, en el departamento de Francisco Morazán, en las siguientes secciones:

- a. Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) (análisis físico-químicos).
- b. Laboratorio de granos y semillas (Preparación del afrecho).
- c. Planta de concentrados (Elaboración de la dieta).
- d. Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ). (Determinación de Mohos y levaduras).

### Equipos.

- Balanza analítica Adventurer™ OHAUS
- Aqualab (model: series 3TE) AOAC 978.18
- Espectrofotómetro (Spectronic Genesys 5)
- Unidad de extracción de grasas Soxtec 2050
- Horno a 105°C (Fisher Scientific 750F)
- Estufa (Thermo scientific)
- Balanza de mesa OHAUS series SD
- Horno Satake heater
- Isoterm Incubator
- Balanza: Fisher Science Education
- Hornilla: IKA C-MAG HS10
- Autoclave Market Forge Sterilmatic
- Precision 180 Series (baño maría)
- Vortex-T Genie 2
- Termómetro Traceable®
- Medidor de humedad Gac 2100
- Tamices (USA Standard Testing sieve ASTM E)

### Reactivos.

- Ácido Thiobarbituric, 98%
- 1- Butanol, ≥99.4 ACS reagent
- Agua destilada

**Materiales.**

- Papel filtro
- Cristalería de laboratorio

**Programas de aplicación (software).**

- Microsoft Word ® (Office 2007)
- Microsoft Excel ® (Office 2007)
- SAS® (Statistical Analysis System) versión 9.1

El afrecho de malta de cebada utilizado para la elaboración del concentrado fue traído de la cervecera Industrias La Constancia localizada en la ciudad de San Salvador, El Salvador.

En el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) se realizaron los análisis de valor TBA (AOCS CD 19-90), actividad de agua (AOAC 978.18) y granulometría.

**Valor TBA (AOCS CD 19-90).** Se preparó la solución TBA con ácido tiobarbitúrico y 1-butanol, se dejó reposar 8 horas y luego se filtró. Se extrajo la grasa por el método (AOAC 991.36) usando el Soxtec 2050, se pesó de 0.05 a 0.2 gramos de grasa y se mezcló con 1-butanol, tres replicas por cada tratamiento. Una vez preparada las muestras se mezcló con solución TBA, sin olvidar la preparación del blanco, se colocaron en baño maría a 95°C por dos horas. Luego, se realizó la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro, el resultado final se expresó en ml de malonaldehído por kg de muestra.

**Actividad de agua (AOAC 978.18).** Se realizaron tres lecturas por cada tratamiento en cada repetición utilizando el Aqualab (model: series 3TE).

**Granulometría.** Se pesó 200 gramos de muestra que se colocaron en el juego de tamices, se agitó por 10 minutos, y luego se pesó el contenido de cada tamiz. Se efectuaron 3 repeticiones por cada tratamiento.

En el laboratorio de granos y semillas se secó el afrecho, hasta alcanzar la humedad requerida para cada tratamiento. La medición de la humedad del afrecho se realizó con el equipo GAC 2100. Una vez alcanzada la humedad deseada, se elaboró el concentrado para cada tratamiento en las instalaciones de la Planta de Concentrados de Zamorano.

**Determinación de hongos y levaduras.** Se tomó una muestra por tratamiento en bolsas estériles, se prepararon diluciones de  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ , y se sembró en platos Petri con medio PDA más ácido tartárico, con la técnica de vertido.

## Elaboración del concentrado.

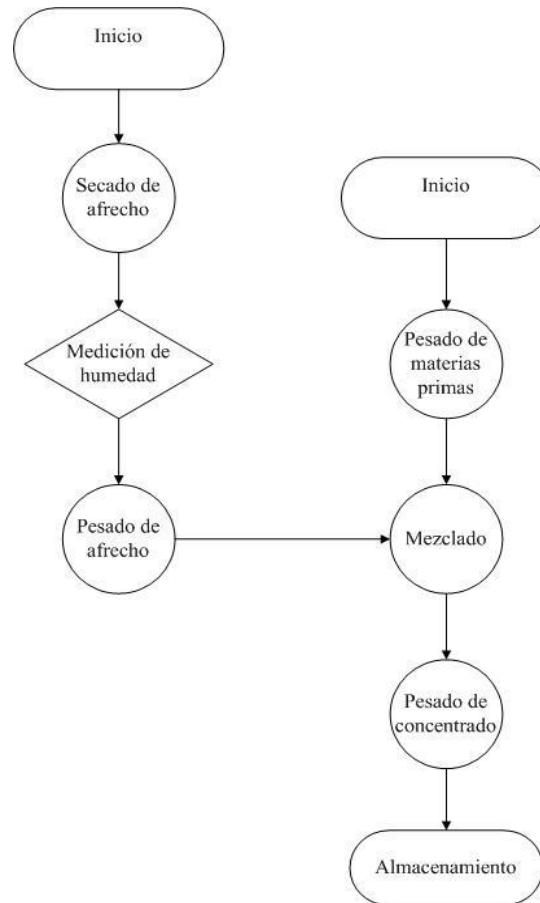


Figura 1. Flujo de proceso de concentrado para vaca lechera.

El primer paso en la elaboración de los tratamientos fue el secado de la materia prima a evaluar. Dicho proceso se llevó a cabo en el laboratorio de granos y semillas de la Escuela Agrícola Panamericana. Posteriormente se midió la humedad hasta separar cada tratamiento (8, 12 y 14%) y se pesó el ingrediente según las especificaciones de la dieta. Se siguió con el pesado de los otros ingredientes de la formulación, éstos fueron los mismos en todo el experimento. Se prosiguió con el mezclado hasta que el concentrado fuese homogéneo, se continuó con el pesado y finalmente se almacenó. Las muestras para los análisis se tomaron del concentrado almacenado.

**Diseño experimental.** Se realizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos, dos medidas repetidas en el tiempo (día cero y 30) (Cuadro 2) y tres repeticiones. Se evaluaron tres humedades de afrecho (8, 12 y 14%) en la formulación de concentrado de vaca lechera elaborado en la planta de concentrados de Zamorano. Se tomó en cuenta el concentrado Zamorano como testigo para obtener un total de 24 unidades experimentales.

Cuadro 2. Diseño experimental.

Tratamientos	Días	
	0	30
1. Afrecho 8% Humedad	8% <sup>0</sup>	8% <sup>30</sup>
2. Afrecho 12% Humedad	12%	12%
3. Afrecho 14% Humedad	14%	14%
4. TESTIGO (Sin afrecho)	Testigo	Testigo

**Análisis estadísticos.** Los resultados obtenidos se evaluaron en el programa estadístico SAS®, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con una separación de medias Tukey y una probabilidad menor o igual a 0.05.

**Análisis de costos variables.** El análisis de costos variables se realizó para determinar la diferencia de costos entre la formulación con afrecho de malta de cebada y la formulación que se elabora actualmente en Zamorano. Este costo servirá para sugerir un precio de venta en caso de elaborar el producto.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Pruebas preliminares.** Para este estudio se realizó un análisis preliminar de la composición química de estos residuos, esto nos permitió escoger el residuo con mayor aporte nutricional.

En el Cuadro 3, podemos observar que la levadura obtuvo el mayor contenido de proteína cruda en relación al TRUB, lodo y afrecho de malta. Sin embargo, por ser un residuo líquido no es conveniente ni práctico su uso para una dieta alimenticia. Se escogió el afrecho de malta, que a pesar de poseer la mitad de proteína que aporta la levadura, fue el residuo con mayor contenido de fibra cruda. Este componente es de vital importancia en la dieta de los bovinos ya que ayuda a moderar el pH del rumen a través del proceso de la rumia, el cual estimula la producción de saliva (Hernández 2010).

Cuadro 3. Resultado de análisis proximal de residuos de la industria cervecera.

Residuo	% Proteína Cruda	% Fibra Cruda	%Extracto etéreo
TRUB	5.4	1.1	1.2
Afrecho de Malta	23.6	15.8	7.0
Lodo	17.2	1.2	2.9
Levadura	46.1	0.2	1.4

El TRUB es el nombre que se le atribuye al material que se utiliza en la última etapa de filtrado de la cerveza, es una tierra fósil que permite retener pequeñas partículas sin dañar las propiedades organolépticas del producto. Ésta sólo se utiliza una vez. El afrecho de malta se extrae después del proceso de maceración, en donde se separa el mosto (líquido) de la cáscara (afrecho) a través de un filtro llamado lauter. En cuanto al lodo, éste se extrae de las lagunas de tratamiento de las aguas cerveceras y finalmente, la levadura es reutilizada máximo siete veces, después de es desechada.

Asimismo, se realizó un análisis proximal más detallado del afrecho de malta de cebada elaborado en el Forage Testing Laboratory Dairy One Inc localizado en la ciudad de New York, Estados Unidos. De esta manera, a partir de esos resultados se elaboró la dieta para suplir los requerimientos nutricionales de la vaca.

En el cuadro 4 observamos una disminución del 51% del contenido de harina de coquito y 100% del contenido de semolina de arroz, ambas fuentes de proteína. Esto se explica por el alto contenido proteico que tiene el afrecho de malta. Igualmente la urea se reemplazó en un 100% ya que ésta se convierte en proteína dentro del rumen de la vaca gracias a la enzima ureasa. Los rumiantes excretan urea siendo ésta una excelente fuente de nitrógeno para el crecimiento bacteriano (Lorenc 2008).

Cuadro 4. Formulación de tratamientos

Ingrediente	Formulación testigo (%)	Nueva Formulación (%)
Maíz molido	27.5	25.0
Melaza	10.0	6.1
Soya	26.0	24.0
Afrecho de malta de cebada	-	26.2
Grasa bypass	1.0	3.6
Harina de Coquito	15.0	7.6
Carbonato de Calcio	1.5	10.0
Bicarbonato de Sodio	1.0	1.0
Minerales	1.5	1.0
Sal común	1.0	-
Urea	0.5	-
Semolina de arroz	15.0	-

Para determinar la formulación del concentrado del estudio se utilizó el programa Amino Cow, que partiendo del contenido nutricional de cada ingrediente permite formular una dieta balanceada. Para conocer dicho contenido se hizo un análisis detallado en un laboratorio especializado en forrajes (Forage Testing Laboratory Dairy One, Inc.) localizado en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos. De esta manera nos aseguramos que la vaca cubra sus requerimientos diarios. Para ello, todos los nutrientes deben estar presentes en la ración que el animal es capaz de consumir en un día. En la nueva formulación se utilizó una cantidad de afrecho cervecero de 26.2%, este total lo estableció el software con el objetivo de equilibrar la dieta.

**Actividad de agua (Aw) AOAC 978.18.** En el Cuadro 5 podemos ver que para la variable Aw, el tratamiento de 8% mostró una actividad menor a todos los tratamientos en el día cero, en cambio los demás tratamientos no muestran diferencia estadística. Esto nos indica que el tratamiento del 8% tiene menos agua disponible para crecimiento microbiano. En cambio, para día 30 no hay diferencia entre ningún tratamiento. Pero en el tiempo si existieron diferencias estadísticas ya que se redujo la Aw hasta el día 30. Por lo tanto, esa disminución indica que hay menor posibilidad de crecimiento de microorganismos patógenos. Esta disminución se explica por la temperatura de almacenamiento que llegaba durante las horas más calientes hasta 38°C.

Cuadro 5. Separación de medias para Actividad de agua del alimento balanceado.

	Día 0	Día 30
Tratamiento	Media ± Des. Est.	Media ± Des. Est.
Testigo	0.64 ± 0.02 <sup>a</sup> (X)	0.55 ± 0.02 <sup>a</sup> (Y)
14% humedad	0.62 ± 0.03 <sup>a</sup> (X)	0.56 ± 0.02 <sup>a</sup> (Y)
12% humedad	0.62 ± 0.03 <sup>a</sup> (X)	0.57 ± 0.02 <sup>a</sup> (Y)
8% humedad	0.59 ± 0.02 <sup>b</sup> (X)	0.55 ± 0.02 <sup>a</sup> (Y)
Coef. de variación (%)	2.76	2.49

ab Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

xy Valores en fila con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

A diferencia del contenido de humedad, la actividad del agua (Aw) es un indicador mucho más confiable del control de la seguridad y calidad.

La mayoría de bacterias no crecen a actividades de agua por debajo de 0.90, y la mayoría de mohos y levaduras dejan de crecer en valores por debajo de 0.6 (Anzueto 2010). Cuando un microorganismo se encuentra en un substrato con una actividad de agua menor que la que necesita, su crecimiento se detiene. Esta detención del crecimiento no suele llevar asociada la muerte del microorganismo, sino que éste se mantiene en condiciones de resistencia durante un tiempo más o menos largo. En el caso de las esporas, la fase de resistencia puede ser considerada prácticamente ilimitada.

Una vez que llevamos el afrecho a dichas humedad, su actividad de agua es adecuada para evitar el crecimiento de hongos. En almacenamiento esa actividad disminuye a causa de las condiciones de la bodega. Es decir, que durante las horas más caliente se alcanzó una temperatura de hasta 38°C, lo que evitó el crecimiento de microorganismos. Reduciendo la

cantidad de agua libre (o no atada), también se minimizan otros cambios químicos indeseables que ocurren durante el almacenaje de los productos (Dekker 1987).

**Rancidez (valor TBA) AOCS CD 19-90.** Para el valor TBA en el día cero no existieron diferencias estadísticas entre los tratamientos con el afrecho de malta, sin embargo el testigo tuvo un menor índice, lo que demuestra que la presencia del ingrediente evaluado promovió el desarrollo de aldehídos. Estas diferencias en el día cero también se explican porque el día cero de cada materia prima es diferente, es decir, que fueron elaboradas en días diferentes. Ésta es una variable difícil de controlar.

Cuadro 6. Separación de medias de valor TBA de los tratamientos (mg de MDA / kg de muestra)

	Día 0	Día 30
Tratamiento	Media ± Des. Est.	Media ± Des. Est.
12% Humedad	0.161 ± 0.059 <sup>a</sup> (X)	0.064 ± 0.015 <sup>a</sup> (Y)
14% Humedad	0.153 ± 0.098 <sup>a</sup> (X)	0.066 ± 0.019 <sup>a</sup> (Y)
8% Humedad	0.120 ± 0.083 <sup>ab</sup> (X)	0.060 ± 0.042 <sup>a</sup> (Y)
Testigo	0.070 ± 0.074 <sup>b</sup> (X)	0.085 ± 0.042 <sup>a</sup> (X)
Coef. de variación(%)	53.00	23.36

ab Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

xy Valores en fila con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

Es importante destacar que en el día cero hubo un coeficiente de variación bastante alto, pero éste disminuyó para el día 30, esto se explica por el error humano ya que en los primeros análisis pudo existir algún error de muestreo o de absorbancia en el espectrofotómetro. En consecuencia pudo existir una sobre estimación de los valores del día cero o al contrario una sub estimación de los valores del día 30.

La lactancia impone pues un requerimiento dietético específico en ácidos grasos, el cual es difícil de cuantificar. Algunos autores han propuesto niveles de ingestión de ácidos grasos considerados óptimos para vacas en lactancia. Kronfeld (1976), sugirió que un 16% de la energía metabolizable aportada como ácidos grasos permitiría una máxima eficiencia de utilización de la energía metabolizable para lactación.

El aporte de concentrados (granos de cereales) a una dieta basada en forraje aumenta el valor energético de la misma, pero podría afectar el ambiente ruminal considerado óptimo para la actividad de los microorganismos celulíticos, la digestión de la fibra del forraje y la síntesis de grasa butirosa (Blanco 1999).

El deterioro por rancidez es el más importante, porque todos los tipos de grasas poseen tricilglicerolos insaturados. El deterioro por oxidación tiene como consecuencia la destrucción de las vitaminas liposolubles y de los ácidos grasos esenciales, además de la formación de subproductos con sabor y olor fuertes y desagradables.

El test TBA sólo puede ser correctamente aplicado en los primeros estadios de la oxidación, porque en los más avanzados va haber mucha modificación en los compuestos producidos (Hannas *et al.* 2003). Además, valores de TBA por encima de 0.6 mg MDA/Kg. de muestra pueden ser reconocidos por consumidores inexpertos, y valores por encima de 2.00 se consideran rancios e inaceptables para el consumidor (Nassu *et al.* 2001). Tomando en cuenta que el producto de este estudio está destinado a animales, no habrá ningún problema con el consumo ya que no hay rancidez a lo largo del tiempo.

**Mohos y levaduras.** Durante los primeros análisis microbiológicos se obtuvieron conteos incontables debido a las diluciones utilizadas, que después se corrigieron, por lo tanto no se contó con los datos necesarios para obtener información estadística.

Debido a que hongos, levaduras y bacterias requieren cierta cantidad de agua disponible para crecer, al igual que muchas reacciones químicas y bioquímicas para ocurrir, su desarrollo puede limitarse con la reducción de esta agua. Una forma de lograr este objetivo es a través de los procesos térmicos severos, los cuales usan además las propiedades letales del calor, mientras que procesos como la deshidratación o la liofilización trabajan sólo por disminución de la actividad de agua (Anzueto 2010).

Debido al proceso de secado del afrecho (50° C por 12 horas en horno y 24 horas bajo el sol) la carga microbiana se redujo. Pero a esto hay que agregarle las condiciones a las que se almacenó dicho concentrado, en donde hay una humedad relativa promedio de 63.9% y una temperatura promedio de 27.8°C.

**Granulometría.** La granulometría es un factor muy importante en varios aspectos. En primer lugar, el almacenaje, ya que las harinas finas pueden ocasionar dificultades en el transporte o distribución. Asimismo, molturaciones groseras dificultan la homogeneidad de la mezcla y facilitan el desmezclado. Desde el punto de vista del procesador, el rendimiento del molino se ve afectado por el tamaño de las partículas. Y para un zootecnista un exceso de finos modifica las pautas de alimentación, la presencia de partículas grandes disminuye la superficie de ataque microbiano y enzimático y acorta la velocidad de la fermentación. Igualmente, una reducción del tamaño de partícula modifica el perfil de ácidos grasos volátiles en el rumen. Es por ello que este análisis de calidad es muy importante tomarlo en cuenta en la elaboración de una dieta balanceada.

La granulometría se ve influenciada por varios factores: primero por los ingredientes de la dieta, también por el estado de desgaste de los elementos del molino, por el tipo de

molino, por la velocidad y tiempo de mezclado y otros factores de fabricación. Para este estudio se mantuvieron todos los factores involucrados a excepción de la humedad de un ingrediente de la dieta con el objetivo de determinar si hay algún cambio en dicha propiedad física. En el cuadro 7 observamos los resultados de dicho análisis para el tamiz 30.

Cuadro 7. Granulometría de concentrado de vaca lechera a base de malta de cebada para el tamiz 30 (600 $\mu$ ).

	Día 0	Día 30
Tratamiento	Media $\pm$ Des. Est. Peso(g)	Media $\pm$ Des. Est. Peso(g)
8% Humedad	17.54 $\pm$ 17.18 <sup>a</sup> (X)	14.94 $\pm$ 13.60 <sup>a</sup> (X)
12% Humedad	14.68 $\pm$ 14.86 <sup>a</sup> (X)	8.88 $\pm$ 7.17 <sup>a</sup> (X)
14% Humedad	13.36 $\pm$ 12.96 <sup>a</sup> (X)	4.77 $\pm$ 5.18 <sup>a</sup> (X)
Testigo	7.14 $\pm$ 6.13 <sup>a</sup> (X)	10.7 $\pm$ 13.26 <sup>a</sup> (X)
Coef. de variación (%)	101.9	106.6

ab Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

xy Valores en fila con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

El tamiz 30 es en el cual debería de estar la muestra que tiene el tamaño ideal para que el animal lo aproveche el alimento de una mejor manera según la literatura (Mendoza 2010) con un diámetro de partículas para rumiantes de 750 – 950  $\mu$ . Además, un tamaño adecuado incentiva la rumia, por consecuencia se produce más saliva en el animal, ésta secreción es rica en bicarbonato y permite estabilizar el pH en el rumen.

Sin embargo, los resultados del estudio no reflejan una granulometría óptima ya que este tamiz 30 tenía roturas, como vemos en el Cuadro 7, específicamente en el coeficiente de variación que es bastante alto. Es por ello, que la mayor cantidad de muestra se acumuló en el siguiente tamiz (Cuadro 8).

Cuadro 8. Granulometría de concentrado de vaca lechera a base de malta de cebada para el tamiz 40 (425 $\mu$ ).

Tratamiento	Día 0	Día 30
	Media $\pm$ Des. Est.	Media $\pm$ Des. Est.
8 % Humedad	75.12 $\pm$ 14.36 <sup>b</sup> (Y)	90.17 $\pm$ 11.34 <sup>b</sup> (X)
12% Humedad	73.85 $\pm$ 31.76 <sup>b</sup> (Y)	98.61 $\pm$ 5.72 <sup>a</sup> (X)
14 % Humedad	82.58 $\pm$ 17.01 <sup>ab</sup> (Y)	98.13 $\pm$ 12.39 <sup>a</sup> (X)
Testigo	89.91 $\pm$ 9.06 <sup>a</sup> (X)	84.46 $\pm$ 12.58 <sup>c</sup> (X)
Coef. de variación(%)	24.78	11.71

abc Valores en columnas con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

xy Valores en fila con distinta letra, difieren estadísticamente entre sí (P<0.05).

A partir del Cuadro 8 podemos deducir que en el día cero no hubo diferencia estadística para los tratamientos que contenían el afrecho cervecero. Asimismo, el tratamiento con 8% de humedad en el día 30 obtuvo un peso menor que los otros tratamientos en el mismo día. Con esto deducimos que el tratamiento de 8% de humedad formó menor cantidad de gránulos a lo largo del tiempo. Pero el testigo no mostró cambios significativos durante el tiempo de almacenamiento. En conclusión, el afrecho si tuvo un impacto en los parámetros físicos del concentrado, aumentando sus características estructurales, esto lo observamos ya que a lo largo del tiempo hubo un aumento del peso de muestra en este tamiz. Pero dentro de los tratamientos que contenían dicha materia prima los que formaron un mayor número de partículas grandes fueron los que tenían un afrecho con una humedad de 12 y 14%.

Es importante aclarar que a pesar de los resultados ya mencionados, en ningún tratamiento se sobrepasaron los límites máximos de calidad a pesar que estadísticamente el tratamiento de 8% si se destacó.

En las figuras 2, 3, 4 y 5 observamos la distribución de muestra en los tratamiento del 8, 12, 14 % de humedad y el testigo respetivamente en los diferentes tamices.

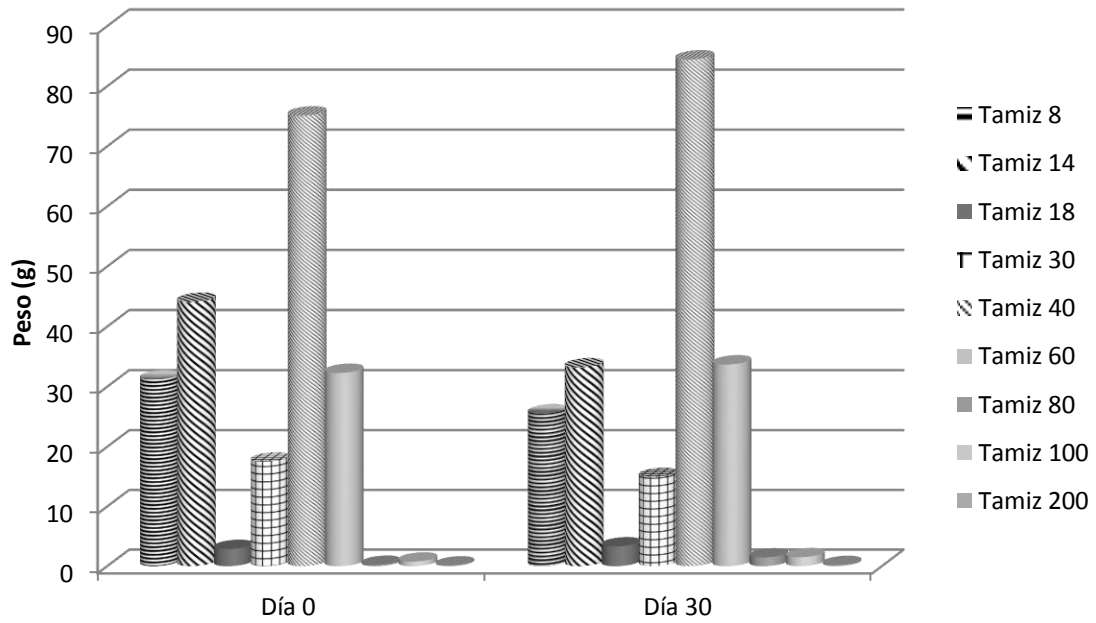


Figura 2. Distribución de peso de muestra del tratamiento de 8% de humedad

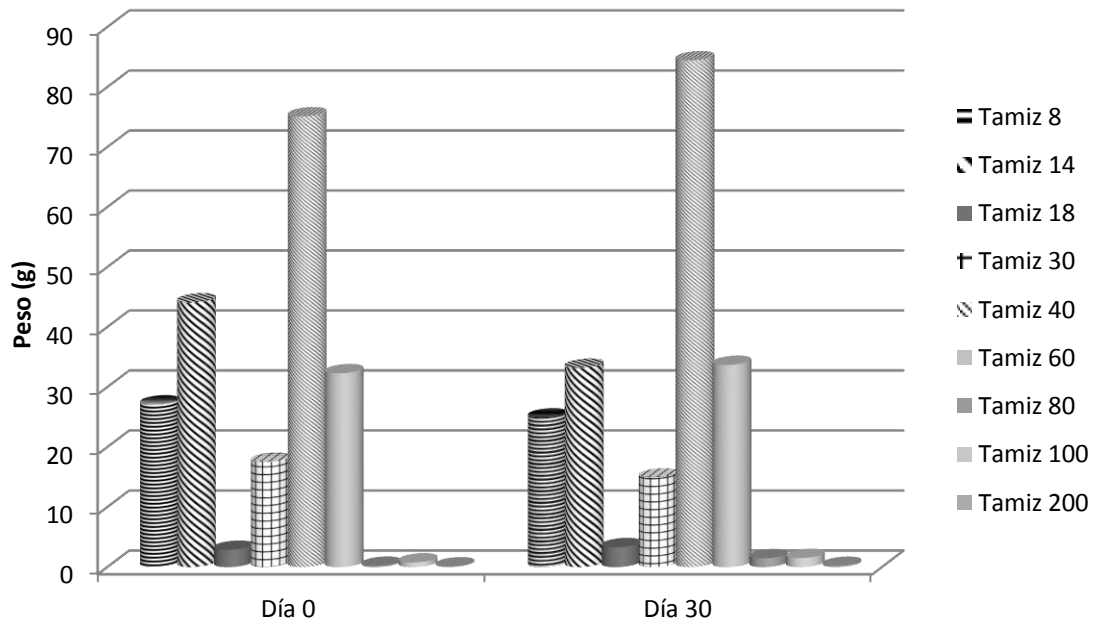


Figura 3. Distribución de peso de muestra del tratamiento de 12% de humedad

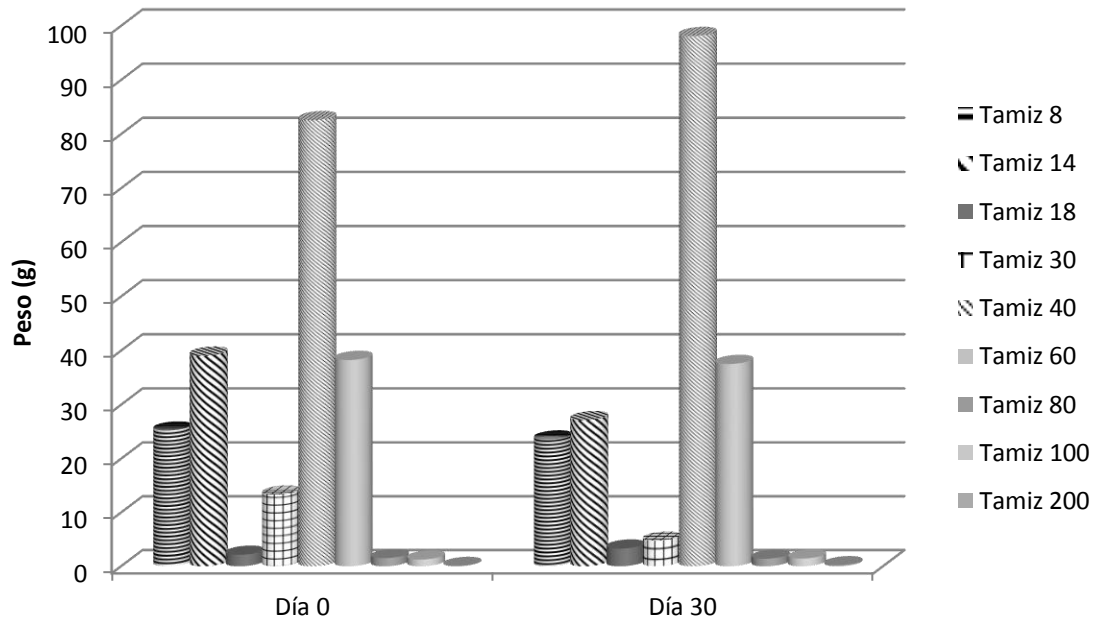


Figura 4. Distribución de peso de muestra del tratamiento de 14% de humedad

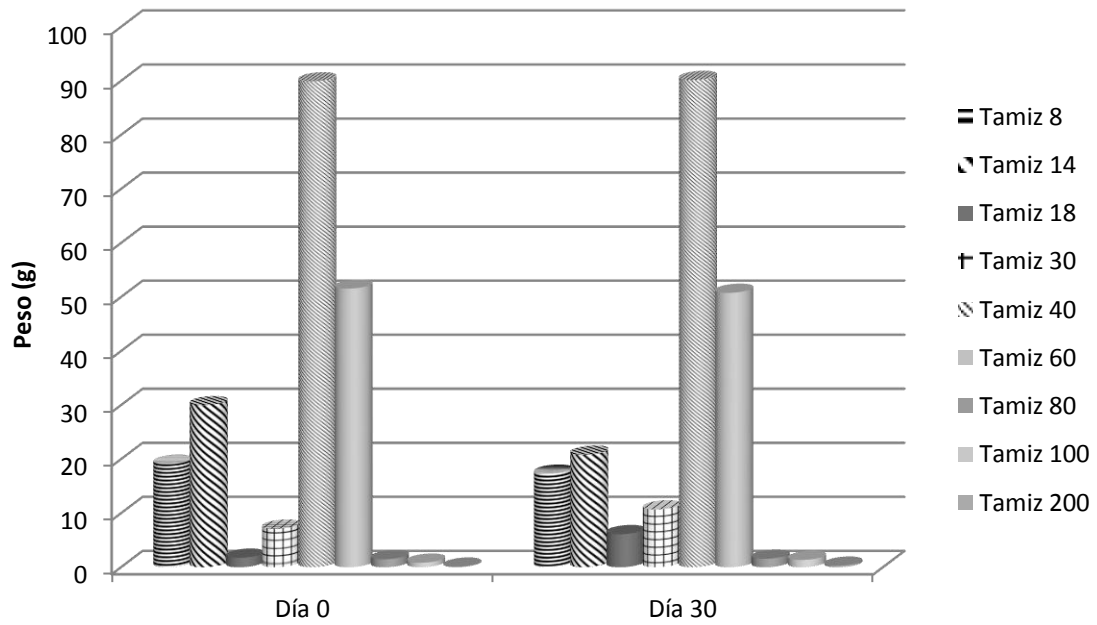


Figura 5. Distribución de peso de muestra del tratamiento testigo

En las Figuras 3, 4, 5 y 6 observamos la distribución de la muestra a lo largo de todos los tamices en el análisis físico de granulometría. Lo más importante a destacar es la cantidad de muestra presente en todos los tratamientos en el tamiz 40. Esto ocurrió el día cero y

también el día 30. Para citar un ejemplo, en el tratamiento 12% en el tamiz antes mencionado se acumuló en el día 30 el 49.30% del total de la muestra evaluada.

También hay que destacar que en el tamiz 60, del testigo, se acumuló un promedio de 25% de muestra, lo que confirma que el tamaño de las partículas de dicho tratamiento es menor que los demás. Se puede concluir que todos los tratamientos cumplen con el estándar de calidad, a pesar de cierta formación de grumos a lo largo del tiempo, esto no sobrepasa los límites. En conclusión el afrecho de malta de cebada contribuye a mejorar las características físicas del concentrado para vaca lechera.

Como se observa en el Cuadro 9, al introducir una nueva materia prima, como lo es el afrecho de malta de cebada, se reducen los costos variables de producción en 0.32 dólares por quintal. Es importante aclarar que para estos cálculos no hubo gasto de energía para secar el afrecho ya que fue el único tratamiento que se secó al sol. Sin embargo, para los otros tratamientos si se incurrió en dicho gasto, 1.25 de dólar por quintal para obtener una humedad de 12% y 1.50 de dólar para un 8%. En este caso el costo unitario (quintal) aumentaría a 21.43 y 21.68 respectivamente.

Cuadro 9. Análisis de costos variables de la formulación de concentrado de vaca lechera a base de malta de cebada con el tratamiento de 14% de humedad (dólar americano).

	Formulación testigo (%)	Nueva Formulación (%)	Costo testigo \$	Costo Nuevo \$
Materias primas primarias	83.5	82.8	16.72	14.82
Materias primas secundarias	16.5	21.83	3.78	5.36
Costo unitario (quintal)			20.50	20.18
Costo mensual			40,990.95	40,354.12
Costo anual			491,891.35	484,249.50
Ahorro anual				7641.85

Dicho ahorro representa una oportunidad para la industria de alimentos balanceados ya que con esta formulación se cubren los requerimientos de la vaca alta producción y al mismo tiempo puede ser más competitiva en un mercado donde las materias primas están en constante aumento. Asimismo, se colabora con el medio ambiente ya que se está utilizando una materia prima que es un subproducto con altos volúmenes de producción en la industria cervecera.

#### **4. CONCLUSIONES**

- La variación de humedad en el afrecho de malta de cebada no tuvo efecto según el estándar de calidad de piensos.
- Los costos variables de la producción de concentrado para vaca lechera se redujeron en 0.32 dólares por quintal al introducir el afrecho de malta.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Hacer un análisis de micotoxinas para evaluar el grado de toxicidad de la dieta antes de probarla en campo.
- Analizar el costo de transporte antes de utilizar el afrecho en una formulación de concentrado.
- Evaluar la preferencia del consumo del concentrado (palatabilidad), comparado con la formulación testigo.
- Utilizar afrecho de malta de cebada con una humedad de 14% para una formulación de alimento balanceado.

## 6. LITERATURA CITADA

Agricultural Development and Advisory Service (autor institucional). 1978. Aportes energéticos y sistemas de alimentación de los rumiantes. Zaragoza, España: Acribia. 129 p.

Anzueto, C. 2010. Actividad del agua: Concepto e importancia. Revista Industria y Alimentos. Consultado 20 sept. 2012.

Bendaña, G. 1980. Los subproductos agroindustriales, su valor nutritivo y utilización en alimentación animal. Subproductos de la industria molinera. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 28p.

Blanco, M. 1999. El alimento y los procesos digestivos en el rumen. (en línea). Consultado 20 sept. 2012.

Civis, J. 2010. Estudios granulométricos en piensos de terneros. ¿Herramienta para el control de calidad? SETNA Nutrición. Consultado 22 sept. 2012.

Gallardo, M. 2001. Concentrados y subproductos para la alimentación de rumiantes. XXI curso internacional de Lechería para profesionales de América Latina. 153-162p.

González, R. 2011, Proceso de elaboración de la cerveza, Industrias La Constancia, El Salvador. 2p.

Hannas, M., J. Pupa, R. Alvarenga. 2003. Calidad de las raciones. Deterioro: Cómo prevenir y reducir. Brasil. Allnutri no 4. Consultado 21 sept. 2012.

Hernández, S. 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morella, Michoacán, México. 51 p.

Lorenc, A. 2008. La investigación de la acción de la ureasa. Science in school. Universidad politécnica de Madrid. Consultado 24 septiembre 2012. Disponible en línea en: <http://www.scienceinschool.org/print/1074>

Martinez, V., E. Cruz. 2008. Efecto del tiempo de almacenamiento en la contaminación y deterioro del pienso para cerdos. Revista computarizada de producción porcina. Volumen 15, número 4.

Morillo, D., J. Faría-Mármol. 1996. Efecto del suministro de *Leucaena leucocephala* (Lam. De Wit y/o de afrecho húmedo de cebada sobre la producción y algunas propiedades de la leche de vacas mestizas. *Revista Científica, FCV-LUZ*. Vol VI no 3:pág. 149-154.

Nassu,R.T., G. Gonçalvesb, M. A. Acevedo Pereira da Silva., F.J. Beserra. 2001. Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *Meat Science Journal* 63: 43-49

Pesta, G., M. Grasmug. 2010. Biogás de bagazo: 47% menos compras de energía. *Revista Brauwelt*. No 11:318-320p.

Saval, S. 2012. Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C*. Volumen 16 no. 2:13-37p.

Villacrés, A. 1994. Disponibilidad y uso de insumos para la formulación de raciones en ganadería lechera. *Trabajos seleccionados sobre producción lechera en la sierra ecuatoriana may 1994*:59-62p.

Weger, A., W. Russ. 2011. Nuevo enfoque que combina la combustión y fermentación del afrecho. *Revista "Der Weihenstephaner"*. no. 3:99-101p.

## 7. ANEXOS



FORAGE TESTING LABORATORY  
 DAIRY ONE, INC.  
 730 WARREN ROAD  
 ITHACA, NEW YORK 14850  
 607-257-1272 (fax 607-257-1350)

Sample Description	Farm Code	Sample
MALT SPROUTS, Wet	752	18135670

### Analysis Results

Sampled	Recvd	Printed	ST	CO
	07/10/12	07/19/12		

Components	As Fed	DM
------------	--------	----

83  
 ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
 RESIDE LA HACIENDA CALLE PASTIZALES  
 BLOQUEE CASA #5 TEGUCIGALPA  
 FRANCISCO MORAZAN  
 HONDURAS

% Moisture	56.9	
% Dry Matter	43.1	
% Crude Protein	11.6	26.9
% Adjusted Crude Protein	11.6	26.9
Soluble Protein % CP		14
% Acid Detergent Fiber	13.1	30.4
% Neutral Detergent Fiber	23.1	53.7
% NFC	6.1	14.2
% TDN	27	63

#### ENERGY TABLE - NRC 2001

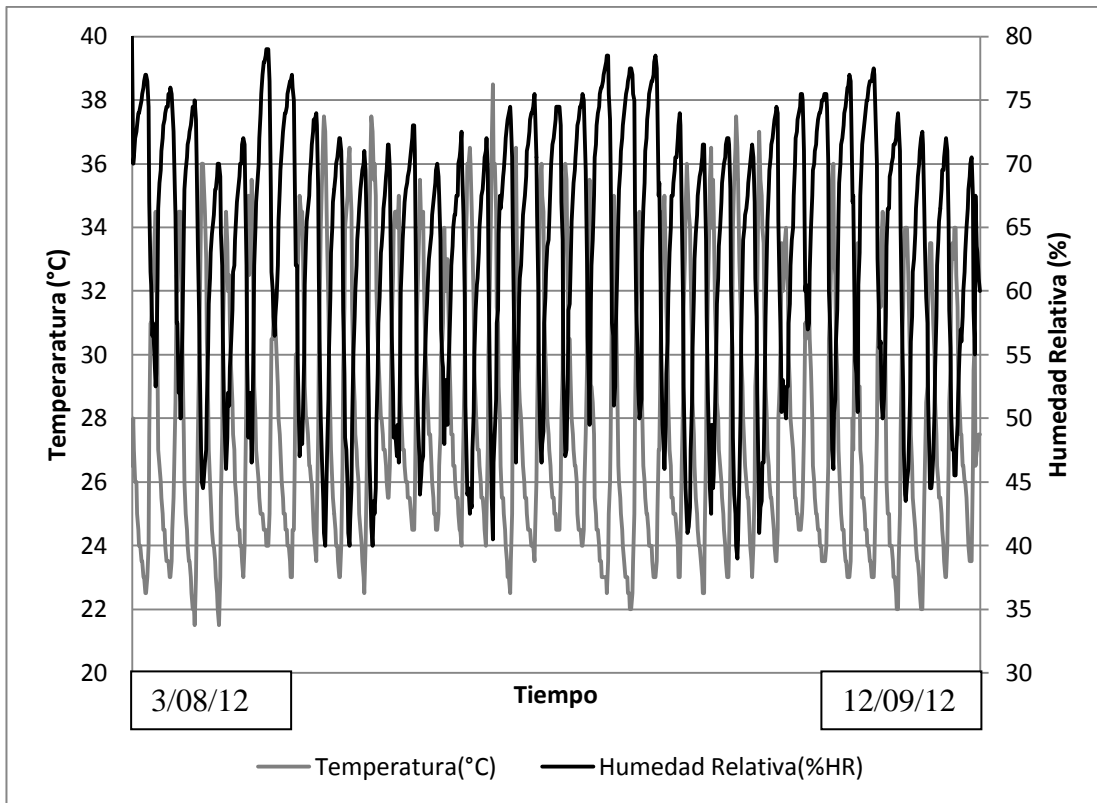
	Mcal/Lb	Mcal/Kg
DE, 1X	1.39	3.06
ME, 1X	1.20	2.64
NEL, 3X	0.69	1.53
NEM, 3X	0.73	1.61
NEG, 3X	0.46	1.01
TDN1X, %	64	

NEL, Mcal/Lb	.28	.65
NEM, Mcal/Lb	.26	.59
NEG, Mcal/Lb	.14	.33
% Calcium	.14	.32
% Phosphorus	.26	.61
% Magnesium	.07	.16
% Potassium	.03	.06
% Sodium	.016	.037
PPM Iron	67	156
PPM Zinc	36	83
PPM Copper	6	15
PPM Manganese	17	39
PPM Molybdenum	1.1	2.5
% Sulfur	.13	.29
Horse DE, Mcal/Lb	.42	.97

#### COMMENTS:

1. EFFECTIVE 4/01/12, PREPAID  
 POSTAGE MAILER FEES WILL  
 INCREASE TO \$4 FOR INDIVIDUAL  
 MAILERS AND \$10 FOR LARGE  
 MAILERS. VISIT OUR WEBSITE FOR  
 INFO ON OUR NEW UPS SERVICE.

Anexo 1. Análisis proximal del afrecho de malta de cebada.

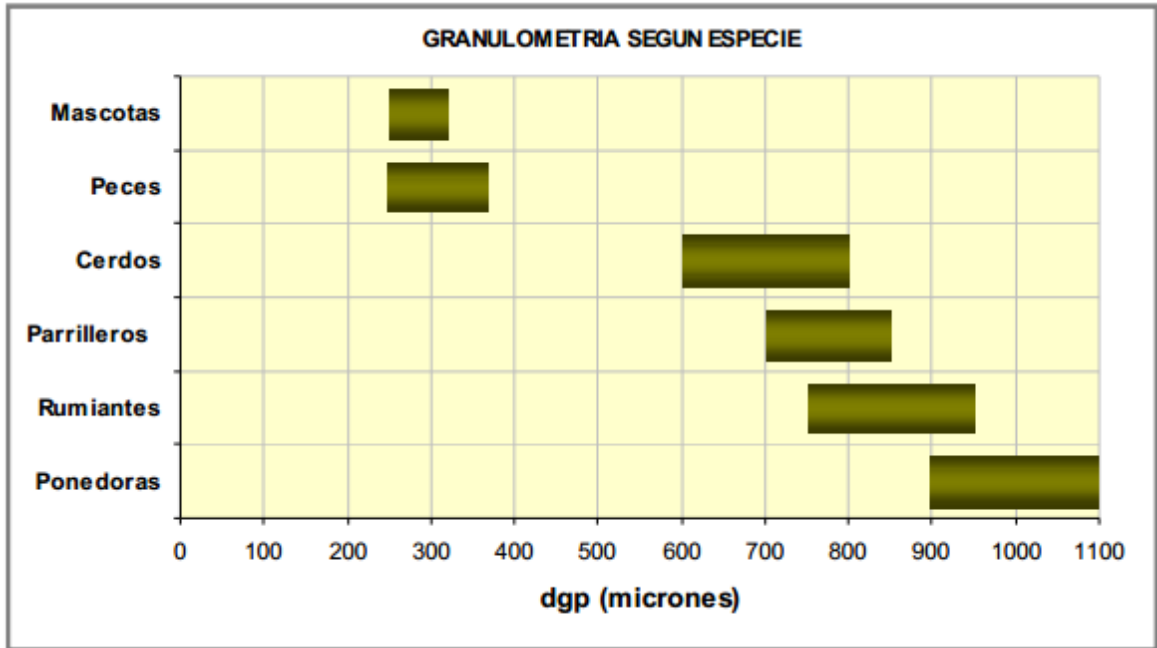


Anexo 2. Control de temperatura y humedad relativa de almacenamiento de la bodega de materias primas de la planta de concentrados de Zamorano.

<b>Actividad del Agua y Crecimiento de Microorganismos en Alimentos</b>	
0.00 - 0.95	Pseudomonas, Escherichia, Poteus, Shigellas, Klebsiella, Bacilos, Clostridium perfringes, algunas levaduras.
0.95 - 0.91	Salmonella, Vibrio parahaemoliticus, C. botulinum, Lactobacillus, algunos mohos, levaduras (Rhodotorula, Pichia)
0.91 - 0.87	Muchas de las levaduras (Candida, Torulopsis, Hansenula), Micrococcus
0.80 - 0.75	Muchas de las bacterias halófilas, aspergilli micotoxigénico
0.75 - 0.65	Mohos Xerófilas (Aspergillus chevalieri, A. candidus, Wallemia sebi), Saccharomyces bisporus
0.65 - 0.60	Levaduras Osmófilas (Sacaromyces rouxii), algunos mohos (Aspergillus echinulatus, Monascus bisporus)
0.50	No existe proliferación microbiana
0.40	No existe proliferación microbiana
0.30	No existe proliferación microbiana
0.20	No existe proliferación microbiana

Anexo 3. Actividad de agua y crecimiento de microorganismos en alimentos.

Fuente: Carlos Rafael Anzueto, Consultor Gerente en OSMOSIS; MS Tecnología de Alimentos, Cornell University, N.Y.



Anexo 4. Granulometría según especie (X Congreso Nacional de Producción Porcina, Mendoza, Argentina, 2010).