

MONITOREO DE GRANULOMETRIA DE MAIZ Y SORGO EN RACIONES PARA CERDOS. SANTA CRUZ – BOLIVIA¹

J.M. Peducassé S.² y Peducassé, C.A.³

FAC. de MEDICINA VETERINARIA y ZOOTECNIA, U.A.G.R.M.

I. RESUMEN

Con el objeto de conocer el manejo de la granulometría de las raciones y de los granos maíz y sorgo en la alimentación porcina, se colectó ciento cuatro muestras distribuidas como raciones (75), maíz (15) y sorgo (14) resultantes de un muestreo aleatorio y de homogeneizados de tres a cinco submuestras, procedente de 15 granjas ubicadas estas en el área de influencia al Area Integrada de Santa Cruz Central, Bolivia (63°10'LO y 17° 47'LS) durante los meses de Mayo a Julio del año 2002. Las muestras obtenidas, previamente identificadas, fueron sometidas a un secado parcial (90°C) de las cuales se obtuvo en triplicado el Diámetro Geométrico Medio (DGM) y su Desviación Padrón (DPDGM) acorde a la metodología descrita por Zanotto y Bellaver, (1996) y el uso del SOFTGRAN (EMBRAPA, 1999). Los resultados obtenidos fueron sometidos al Test de "Student" para pruebas no apareadas, para muestras entre fases y de un ANAVA para un diseño de bloques para fases de crianzas entre granjas. El criterio de evaluación granulométrica en raciones completas es de 600 a 800 µm de DGM para la pira con un DPGM de 2 a 2,5. En el análisis de raciones se observó un DGM general de 781 µm con una DPDGM de 1,8. Los valores promedios por fase fueron de 689 a 796 µm para la crianza comercial y de 801 a 822 µm para los reproductores. No se observó diferencias entre medias ($P < 0,05$). Un 9, 50 y 41% de las muestras analizadas se encontraban como < 600 , 600 a 800 y > 800 µm, respectivamente. Del total de muestras de raciones analizadas solo una contenía un DPDGM de 2,05. Cuando las muestras se analizaron en función de fases de crianza no se observaron diferencias ($P > 0,05$) entre fases ni granjas donde los DGM por fases fueron de 718, 780 y 809 µm para las fase inicial (3 a 25 kg pv), de crecimiento y acabado (25 a 90 kg pv) y reproductores, respectivamente. Un 25, 50 y 37% de las muestras por fases contenían DGM superiores a 800 µm. El rango de DGM aceptado para la molienda de granos es de 500 a 700 µm donde el DPDGM se mantiene como 2 a 2,5. Respecto del maíz, el promedio general fue de 760 µm DGM y 1,74 de DPGM. No se observaron diferencias entre fases ($P > 0,05$) Un 57, 47 y 67% de las muestras analizadas por fases presentaron un DGM > 700 µm. Finalmente, respecto del sorgo este se usa en cerdos con > 25 kg pv, al compararse con el maíz no se encontró diferencia ($P > 0,05$) cuyos DGM fueron de 802 y 811 µm, respectivamente. Un 79% de las muestras de sorgo contenía un DGM > 700 µm. En ambos granos, maíz y sorgo molidos su DPDGM fue < 2 . Se concluye para el presente estudio un manejo de molienda adecuado de raciones y granos pues el DPGM es < 2 y aunque el DGM se encuentran en el rango sugerido como 600 a 800 µm para raciones completas o de 500 a 700 µm para granos se observa una ligera tendencia a DGM mayores a las recomendaciones citadas.

¹ Tesis de grado presentada por Peducassé, J.M. para obtener el título de Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia.

² Calle Agustín Saavedra, Tel. 591-3343346. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

³ Asesor. Docente de las asignaturas de Alimentos y Nutrición animal. F.M.V.Z., U.A.G.R.M., Telfax 591-3542014, Santa Cruz, Bolivia.

II. INTRODUCCIÓN

La producción de cerdos en nuestro medio, ha ido mejorando a través de los años en cuanto a eficiencia y calidad de producción de carne, y debe continuar en la mejora si pretende mantener una posición competitiva en el mercadeo de productos cárnicos. Es notoria la mejor calidad de carcaza que se logra, por el menor espesor de grasa y por lo tanto calorías y colesterol esto debido, sin duda alguna en nuevas técnicas en la alimentación y la crianza. El cerdo de hoy nos muestra, como la industria porcina ha respondido a las demandas del mercado nacional e internacional.

Los porcinocultores, han prestado mayor relevancia a la genética, a través de mejores cruza e inseminación artificial, empero en algunos casos acompañado de una nutrición ineficiente, ignorando la frase que dice, “la genética entra por la boca”. Es por esto que una buena nutrición debe acompañar los adelantos de la genética, para poder potenciar los resultados de esta genética y así obtener una respuesta máxima por parte del animal, que da como resultado mejor costo beneficio que se traduce en rentabilidad de la empresa.

La nutrición, como pilar principal de la producción animal ha logrado pasos importantes en la eficiencia de la alimentación de cerdos. En este contexto, el tema granulometría ingresa con una relevancia significativa como una herramienta útil para estimular a un mejor consumo y mejorar tazas de digestión y aprovechamiento de los almidonáceos, es por esto la importancia realizar un monitoreo de la molienda en plantas de balanceados específicos para la elaboración y procesamiento de raciones para cerdos.

El presente trabajo se realizó con el fin de observar la situación de la granulometría del maíz y el sorgo así como de las raciones completas utilizadas en las distintas fases de crianza de cerdo para de esta manera poder implementar dentro del control de

calidad de los insumos alimenticios, la granulometría adecuada para la alimentación de cerdos en la industria porcina.

Tomando en cuenta todo lo mencionado, el presente trabajo planteó como **objetivo general**.- conocer acerca del manejo de la molienda de los granos almidonáceos como aspecto influenciante en la respuesta de las pjaras en Santa Cruz de la Sierra. Como **objetivos específicos**.- se propuso a) evaluar raciones y b) los granos maíz y sorgo, desde el punto de vista de su granulometría considerando las fases de crianza.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. IMPORTANCIA DEL CERDO.

La importancia agropecuaria fundamental de la crianza del cerdo, consiste en proporcionar alimentos para el hombre (frescos, curados o procesados), por lo que la producción porcina se ocupa necesariamente del producto cárnico y de la eficiencia de su producción. Un aspecto en la eficiencia de la explotación porcina consiste en su crecimiento rápido, otro depende de su elevada tasa de reproducción y un tercero de sus hábitos alimenticios omnívoros. La historia reciente ha sido testigo de un incremento de productos de elevada calidad derivados de la carne de cerdo y la carne en sí, a nivel mundial, esto ha derivado en una mejora en las características de las tasas de crecimiento y de reproducción porcina. Simultáneamente, avances en otras ramas de las prácticas agrícolas ha permitido la producción de importantes cantidades de cereales, leguminosas y semillas oleaginosas que no eran apropiadas o imprescindibles para el hombre. Estas son algunas de las razones que han determinado cambios en la naturaleza, y realmente en los objetivos, de la producción porcina en las últimas décadas. (Whittemore, 1996).

3.2. LA PRODUCCIÓN PORCINA.

La porcinocultura ha presentado un constante crecimiento tecnológico en comparación con otras especies de crianza ilustrándose así la importancia económica en el rubro pecuario. De acuerdo a Roppa, (2001) el plantel porcino en el ámbito mundial totaliza 956,5 millones de cabezas. La conducta de la producción mundial se ilustra en el cuadro 1, donde Latinoamérica ocupa el 3^{er} lugar dentro del plantel mundial de producción porcina.

Cuadro 1. Plantel mundial de cerdos.

Continentes	animales (millones)	(%)
Asia	577,2	60,3
Europa	198,8	20,8
Las Américas	153,1	16,0
África	22,3	2,4
Oceanía	5,0	0,5

Fuente. Roppa, (2001)

La porcicultura en Bolivia durante la década de los años 80 al 97, ha tenido un incremento sostenido año a año a excepción de 1984 en que disminuyó en un 9,83% respecto a la gestión anterior. Bolivia como país latinoamericano, según estadísticas agropecuarias, posee una población porcina equivalente a 2.822.000 animales. La distribución departamental o nacional muestra a Santa Cruz y Chuquisaca como los principales productores de cerdo.

Cuadro 2. Número de cabezas de ganado porcino por departamento y año, Bolivia.

DEPARTAMENTO	1992	1993	1995	1997
Santa Cruz	621.875	662.702	689.112	741.816
Chuquisaca	521.885	562.877	590.503	656.381
Tarija	279.297	287.549	298.454	305.805
Cochabamba	283.219	287.121	288.730	296.620
La Paz	246.978	250.766	253.995	265.433
Beni	117.226	115.096	117.473	123.896
Potosí	100.091	107.472	107.685	114.578
Oruro	33.110	32.454	32.858	33.800
Pando	26.869	28.407	29.407	30.439
TOTAL	2.225.550	2.331.444	2.405.217	2.568.768

Fuente: CAO, (1999)

La producción porcina en el departamento de Santa Cruz, está ubicada principalmente en la provincia Andrés Ibáñez, centro de la zona “Integrada” de producción, esto debido a la accesibilidad, facilidad de transporte y una abundancia en materiales e ingredientes alimentarios necesarios para la producción, le sigue Vallegrande y Cordillera. También es debido a la influencia de la creciente actividad preponderantemente ganadera vacuna de carne en los años 70, a una importante actividad en la avicultura y la porcicultura.

3.3. EL CERDO Y SUS CARACTERÍSTICAS ZOOTÉCNICAS.

El cerdo como especie de crianza es uno de los animales que representa con mayor eficacia los objetivos de la crianza zootécnica. Esta eficacia es debido a que el cerdo consigue fácilmente un crecimiento acelerado en condiciones adecuadas, otro punto a favor es su prolificidad y una tercer ventaja es su hábito omnívoro y alta adaptabilidad al medio en que se encuentre; sumándose a ello, el constante mejoramiento genético de los animales, se obtiene calidad de carne de cerdo saludable. Sobre todo hoy en día que lo que se busca obtener es el llamado cerdo magro. Todo esto por ser un excelente transformador de los alimentos consumidos (Roppa, 2001).

Estos resultados zootécnicos en la especie porcina han sido logrados a través de constantes mejoramientos zootécnicos, no solo de las características genéticas de los actuales linajes sino también de las constantes adecuaciones de manejo porcino, desde los aspectos de la nutrición, sanidad, reproducción y ambiente.

Whittemore, (1996) resume las metas a buscar en los próximos años en la producción de suínos como sigue: La carne de cerdo tiene que ser producida en cantidades determinadas y con una característica definida a partir de alimentos con un valor nutritivo cuantificable cuando son consumidos por cerdos con genotipos específicos,

en determinadas circunstancias ambientales, de manejo y económicas que puedan ser definidas. En consecuencia, cuando es posible, los factores que influyen sobre el proceso de producción son presentados en términos exactos cuantificables. Después de todo, solo por medio de la cuantificación puede compararse, juzgarse y en último término utilizarse la importancia absoluta y relativa de los diversos aspectos científicos y prácticos de la producción porcina.

Whittemore añade que, la mayoría de las explotaciones porcinas del mundo se encuentran por debajo de los niveles óptimos, y existe una considerable disparidad - generalmente innecesaria - en la eficacia de la producción entre las diferentes naciones. En comparación con el potencial conocido actualmente, la producción porcina mundial queda bastante por debajo. La aplicación de los principios científicos y de buenas prácticas de producción puede reducir esta ineficiencia.

3.4. FACTORES QUE GOBIERNAN LA RESPUESTA ZOO TÉCNICA PORCINA

Como todo animal sometido a crianza zootécnica, el desempeño que presente estará sometido a una serie de procesos y mecanismos zootécnicos, ellos son, el manejo nutricional, sanitario, reproductivo, genético y ambiente. Es ampliamente reconocido que en el rubro de la producción porcina y aviar, el componente alimentación representa, del total de los costos de producción un 70 a 80 %, sin menospreciar a los otros manejos que se realizan, merece mayor importancia este componente, ya que toma relevancia económica-productiva. (Whittemore, 1996)

3.4.1. ASPECTOS NUTRICIONALES DEL CERDO.

El cerdo es una especie mamífera que a diferencia de otras especies presenta una alta

precocidad. Para facilitar las exigencias nutricionales que presenta el animal, los cerdos son clasificados en fases para un mejor aprovechamiento del alimento que se le ofrece. Las fases son divididas de la siguiente manera: lechones, destete, crecimiento, terminación, gestación, lactación y verracos. Al respecto Roppa, (2001) resume este tema como sigue:

3.4.1.a. Lechones. Los lechones nacen con un peso aproximado de 1,5 Kg. es importante en esta fase que la lechigada reciba lo antes posible el calostro, dentro de las primeras 24 horas de vida. El calostro es su principal fuente de energía y proteína en esta fase, además de proveer de anticuerpos necesarios para la resistencia de las enfermedades y para su crecimiento. Los lechones ingieren alimento sólido a partir de los 7 días.

3.4.1.b. Destete. En esta etapa el procedimiento es controlar las enfermedades específicas y mejorar el desempeño productivo en la fase de crecimiento y terminación. En esta fase ocurren cambios en el sistema digestivo, es importante ofertar una alimentación especializada teniendo en cuenta a que edad son destetados. En forma precoz (10 a 17 días), o el destete normal (21 a 28 días de edad).

3.4.1.c. Crecimiento. En esta fase los costos de las dietas equivalen en un 20 a 25% de la crianza completa. Por otro lado los cerdos en esta fase tienen la mayor velocidad de deposición de tejido magro. Por lo tanto es aconsejable utilizar cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales, para así promover el crecimiento máximo (25 a 60 Kg.). También en esta fase usualmente los cerdos en crecimiento son separados en dos etapas. De 25 a 40 kg y de 40 a 60 kg, este procedimiento atiende de mejor manera las exigencias nutricionales en esta fase. En la fase de crecimiento es propuesto utilizar 1,2 y 0,8 % de lisina en la ración para las fases de 25 a 40 y 40 a 60 Kg., respectivamente.

3.4.1.d. Terminación. Las dietas para animales de terminación (60 a 100 kg.) equivale a un 50 a 55 % de los costos de la alimentación de un cerdo en todo el proceso de producción. Las decisiones que se tomarán en esta fase para modificar las raciones tiene que ver directamente con el retorno económico, de esta manera dietas que incluyan raciones para verano e invierno y segregación por sexo deben ser justificadas económicamente.

3.4.1.e. Gestación. En esta fase se recomienda una alimentación restringida, para las cerdas. Esta restricción contempla la reducción de energía y no así la de los otros nutrientes.

3.4.1.f. Lactación. El programa de alimentación de las cerdas debe prever un libre acceso de las marranas al alimento, mirando siempre a producir la mayor cantidad de leche. Las cerdas normalmente consumen por día entre 4 a 8 kg de alimento Roppa, (2001)

3.4.1.g. Verracos. Estos animales pueden ser alimentados con la misma ración que las cerdas en gestación.

3.5. FISIOLOGÍA DIGESTIVA DEL CERDO.

Históricamente el cerdo era considerado como un animal que se alimentaba de los residuos del campo y los bosques de la zona en los que vivía, y que utilizaba también perfectamente los residuos de los alimentos destinados a consumo del hombre, que vivía en las zonas urbanas. Esta especie animal a través de su crianza zootécnica es conocida como una especie omnívora, por lo tanto recibe en su alimentación una combinación de ingredientes de origen animal, vegetal y(o) marina, suplidas con minerales y vitaminas. Simultáneamente, a este crecimiento tecnológico de la producción porcina, avances en las ramas agrícolas ha permitido avances importantes

en la producción de cereales y leguminosas y semillas oleaginosas en cantidades importantes, que no eran adecuados o no eran necesarios para la alimentación humana, lo cual habiendo una demanda de alimentos de origen animal para la alimentación del ser humano, se exige la utilización de estos productos vegetales para la alimentación del cerdo y la transformación en proteína animal. (Whittemore, 1996)

A través de su manejo como especie zootécnica el cerdo mantiene una característica alimentaria primaria, cual es de ser un excelente utilizador de carbohidratos almidonáceos, y de fuentes proteínáceas, empero por sus características de especie mamífera, sus características digestivas se van modificando en relación principalmente a sus primeros días de vida post-natal.

El lechón al nacimiento, cubre sus necesidades de energía desde la leche materna, en la primera semana de edad, hasta alrededor de los 30 días de edad es un excelente utilizador de la lactosa, después de esta aumenta la actividad amilásica, la contribución pancreática a la actividad amilásica se incrementa desde un 30% al nacimiento al 70 % a la edad de 4 semanas. En el caso de las proteínas, en el inicio la producción de pepsina y ácido clorhídrico es pequeña y no cubre las cantidades satisfactorias para la conversión satisfactoria de la proteína, y va aumentando gradualmente hasta las 4 semanas de edad; empero, la actividad de proteasa pancreática es alta hasta las 6 semanas de edad (70 a 80%) disminuyendo a un 50 % luego de la sexta semana (Duan, 2000)

3.6. INGREDIENTES DE USO COMÚN EN CERDOS.

Considerando lo expuesto anteriormente, el cerdo es un excelente utilizador de los almidones; por ello, los granos almidonáceos como el maíz, el sorgo y cereales (trigo, cebada, avena) proveen la fuente primaria de energía en las dietas para cerdos. Para

MSUcares, (2001b) los productores no solo deberán preocuparse por la calidad o composición de los granos, sino también de igual manera “como se procesa” para su buen aprovechamiento.

En nuestro medio la principal fuente de energía proviene de granos almidonáceos, entre ellos el sorgo y el maíz, mientras que la soya y el girasol se consideran las principales fuentes proteínicas. No se desconoce la importancia del uso de subproductos, como es el caso de los afrechos de trigo y de arroz o la harina zootécnica, de la extracción de aceite se oferta en nuestro mercado las harinas de soya y girasol resultantes de su procesamiento por prensado y solventes.

La regla primaria de la combinación de estos ingredientes en la dieta o ración deberá garantizar a primera instancia su fácil desdoblamiento en el proceso de la digestión y en la absorción sin mucho uso de energía, para su conversión o transformación en producto cárnico de buena calidad, o lechonaje y leche en el caso de marranas seleccionadas para la reproducción del lote. Por eso se recomienda el manejo racional de restricciones, en los ingredientes de uso para la crianza de cerdos.

La combinación de ingredientes en una dieta en la búsqueda de un alimento balanceado para obtener una máxima respuesta a coste mínimo, se acompaña de una variedad de ingredientes conocidos como aditivos, los que dependientes de su función en el alimento apoyará a mejorar el aprovechamiento de las fracciones de carbohidratos, proteínas o lípidos aportados en la ración. (Whittemore, 1996). A continuación este autor resume un número de aditivos utilizados normalmente incluyendo su función.

3.6.1. Antibióticos. La inclusión de antibióticos en la ración a niveles de “promotores de crecimiento” estimula el apetito y combaten los agentes

patógenos en el intestino, mediante la supresión de la flora microbiana patógena, mejorándose a sí la absorción del intestino.

3.6.2. Probióticos. El objetivo que se busca al adicionar microorganismos en la dieta es la eliminación en la flora intestinal de especies anormales e insanas las cuales dañan la mucosa gastrointestinal y producen toxina en el lugar de su ubicación, por esto la adición de especies no patógenas produce una acción competitiva con las especies patógenas para ocupar la citada ubicación y evitar la producción de toxinas.

3.6.3. Ácidos orgánicos en la dieta. Se debe tomar en cuenta la adición de ácidos orgánicos tales como propiónico, fórmico, cítrico, láctico y fumárico, para ayudar a que disminuya la probabilidad de un aumento de pH cuando los cerdos padecen de estrés.

3.6.4. Enzimas del pienso. En el cerdo el desdoblamiento de la celulosa es a través de la fermentación microbiana para la hidrólisis de la celulosa, este método no es óptimo ya que la utilización de estos es de la mitad de la correspondiente a la glucosa. Por ende, la incorporación de enzimas en la ración busca la descomposición de los carbohidratos y por lo tanto la mejora de su digestibilidad.

3.6.5. Saborizantes y agentes enmascaradores. Los efectos positivos de los saborizantes, consisten en aumentar el consumo de pienso añadiendo la apreciación del cerdo hacia un sabor aceptable en la dieta. Los estimulantes del sabor añaden el sabor aceptable y los enmascaradores como la palabra dice enmascaran un sabor inaceptable.

3.7. EL MEZCLADO DE LOS ALIMENTOS.

Ante la definición de los ingredientes a incluirse en una dieta o una ración, estos deben ser mezclados para lograr así un alimento de distribución nutritiva uniforme. Goodband *et al*, (2001) mencionan que la eficiencia del mezclado se refiere a “cuán bien un lote de alimento es mezclado”. Existen varios tipos de mezcladoras, las cuales requieren distintos tiempos para mezclar el alimento completamente. Las mezcladoras verticales tardarán aproximadamente 15 min. mientras que las horizontales lo harán en 5 a 10 min. utilizando menor energía. Factores que influenciarán la uniformidad y un aumento en el tiempo de mezclado incluyen: el tamaño de la partícula y densidad, contenido de humedad del grano, desgaste de los equipos, RPM del mezclador, sobrellenado del mezclador, y sobrecarga de grasas y aceites. A mayor tamaño de partícula el tiempo de mezclado puede ser incrementado, así como puede aumentar la segregación de los ingredientes.

3.8. PROCESAMIENTO DE LOS ALIMENTOS.

3.8.1. Forma del pienso y presentación

Al ofertarse los alimentos a los animales se espera que su consumo y aprovechamiento sea máximo. Para Whittemore, (1996) se alcanza un consumo máximo de forma más probable con gránulos (Pellets), migajas o harinas, además de hacer una mejor distribución del pienso. En general los cereales que son sometidos a una molturación mediana son ingeridos mejor a una molturación fina o grosera.

Entendemos por procesamiento de los alimentos a una serie de procedimientos realizados con el fin de potenciar el aprovechamiento por el animal, estos pueden ser físicos o químicos. Está demostrado que algunos de los procesamientos no son

necesariamente económicos; por ello, aunque logren potenciar su uso en la alimentación animal debe siempre evaluarse la relación costo/beneficio resultante a su procesamiento. Estos son los procesos más conocidos y utilizados.

- **Molienda.** El fin de la molienda es el de fraccionar físicamente los granos, para tener una mayor superficie de exposición a la acción de las enzimas.
- **Humectación.** La humectación de la ración tiene como fin, presentar un mayor consumo por el animal, sin desperdiciar los granos finamente molidos, con el aumento de la proporción del líquido aumenta los resultados zootécnicos en zonas con clima caliente.
- **Cocimiento.** El cocido del ingrediente es seco (tostado) o húmedo (hervido), enfriado, mejora la digestión de los almidones, e inhibe algunos factores antinutricionales.
- **Peletizado.** Es un proceso que disminuye el polvo en la segregación de los alimentos, dando una mejor digestibilidad. También como en la granulometría fina, el uso de pellets muy pequeños produce ulceraciones en animales jóvenes. (Roppa, 2001)
- **Extrusión.** Este proceso involucra la aplicación de calor, presión y (o) a un ingrediente o a la dieta o ración. Generalmente los extrusores son empleados para el procesamiento de la soya. La extrusión incrementa el grado de “volumen” de un ingrediente o dieta (Goodband *et al*, 1997)
- **Laminado y micronizado.** Produce la dextrinización de los almidones, se lo logra por medio del granulado, el micronizado y laminado.

La mayoría de estos procesamientos no justifican necesariamente la respuesta animal cuando se considera los costos adicionales del proceso, por ello se hace necesario evaluar la relación costo beneficio de la implementación de cualquiera de ellos en la crianza animal. (Goodband *et al*, 1997)

Es de interés del presente trabajo, enfatizar en uno de los procesamientos de alimentos, la molienda, ya que este es el más utilizado en nuestro medio para la alimentación de cerdos, esto por la facilidad y el coste del procesamiento.

Alimentos de calidad para el cerdo puede fabricarse en la granja con muchos diferentes tipos de equipos, sin embargo el operador del molino debe entender las limitaciones del equipo que procesa el alimento. Los métodos comunes de reducción del tamaño de partícula en la granja incluyen en la actualidad dos tipos de molino (molino de martillo y de rodillo).

3.8.2. Tipos de molinos

3.8.2.a. Molino de martillo. Reduce el tamaño de partícula a través de: 1) del impacto de choque de los martillos; 2) Corte por el borde de los martillos y 3) acción de fricción o roce. Las ventajas de los molinos de martillos incluyen su capacidad de molienda de cualquier tipo de granos, a su vez que tiene un costo bajo de mantenimiento. Si un molino de martillo se usa para procesar grano, hay varios factores que pueden cambiarse para aumentar o disminuir el tamaño de la partícula. El tamaño de las perforaciones de la zaranda del molino determina grandemente el tamaño de partícula que se produzca. En términos generales los ingredientes que hayan atravesado una zaranda de 0,3 a 1 mm tendrán un tamaño de partícula medio de 600 a 800 μm . Sin embargo es difícil relacionar la zaranda a los micrones específicos debido a las variaciones del equipo como velocidad de giro, desgaste, humedad del grano, etc.

Reduciendo las revoluciones generalmente se produce un porcentaje mas bajo de “finos”, aunque el tiempo requerido para la molienda aumenta. El contenido de humedad determina tamaño de la partícula. El grano con humedad menor impactará mejor creando partículas más finas cuando es comparado con partículas con 10 a 12 % de humedad. Aumentando la

proporción de flujo de grano a través del molino del martillo tendrá a aumentar el tamaño de la partícula, pero a su vez puede producir más variación de tamaños. (MSUcares, 2001b)

3.8.2.b. Molino de rodillo. Los molinos de rodillo tienen la ventaja de crear partículas más uniformes que los molinos de martillo. El tamaño de la partícula puede controlarse por el ajuste de los rodillos, el corrugado, el rodillo espiral versus no-espiral y la velocidad diferencial de los rodillos. Para conseguir un tamaño de partícula de 800 μm , es necesario tener rodillos con 10 a 12 ranuras por pulgada. La mayoría de los fabricantes también recomendará un “*drive*” del diferencial de 10-25 % con rollos girados para que el borde afilado de cada rollo encuentre el grano. El rango de velocidad del rodillo es de 350 a 600 rpm dependiendo de la velocidad de la superficie. Esta velocidad creará menos polvo y desgaste. Los molinos de rodillo pueden procesar grano con mitad de energía que un molino de martillo. (MSUcares, 2001b).

Para Goodband *et al*, (2001) es importante recalcar que la disminución del tamaño de partícula a los micrones de diámetro recomendados, que conducirá al aumento de la conversión alimentaria en el animal, debe compensar los gastos demandados de energía por el molino y el mezclado.

3.9. EL TAMAÑO DE PARTÍCULA.

Zanotto y Bellaver, (1996), en su comunicado técnico mencionan que el tamaño de las partículas de los ingredientes destinados a la fabricación de raciones, puede influenciar la digestibilidad de los nutrientes y como consecuencia la maximización de la respuesta por el animal.

La reducción de la partícula tiene un gran impacto en la eficacia de la utilización del alimento. El tamaño de la partícula decreciente mejora la digestibilidad de los nutrientes, por lo tanto aumenta la digestibilidad de la proteína, energía y otros nutrientes. Mejorando la digestibilidad, mejora la conversión alimentaria; además, la reducción de tamaño de partícula puede influenciar cuán uniformemente el alimento puede ser mezclado y reduce la cantidad de segregación que ocurre entre el transporte y la distribución del alimento al animal. Debe notarse que los beneficios de una fórmula bien equilibrada puede perderse, si no se toma el debido cuidado en la elaboración y fabricación del alimento. (MSUcares, 2001b)

Zanotto, y Bellaver, (1996) indican que el maíz como principal componente energético de las raciones, contribuye con aproximadamente 60 a 75 % de las formulaciones, ocupando una posición destacable en cuanto al retorno económico. Este ingrediente y el sorgo (su principal alternativa de reemplazo), necesitan ser molidos. La granulometría del maíz influencia algunos aspectos de importancia técnica y/o económica en la producción de cerdos, tales como: costo de producción, digestibilidad de nutrientes, desempeño animal y desenvolvimiento de lesiones esófago-gástricas.

MSUcares, (2001b) menciona en su artículo que el sorgo no puede mejorar la eficiencia del alimento por reducción del tamaño de la partícula como cuando se evalúa la situación del maíz. La reducción del tamaño de la partícula de 1217 a 539 μm mejora en un 9% la eficiencia alimentaria. Desde que el sorgo y el trigo tienden a molerse más que el maíz, la proporción de partículas extremadamente finas, las partículas polvorientas pueden ser mayores si se utiliza el mismo equipo de procesamiento de ingredientes. Para producir similar tamaño de partícula al del maíz en los granos pequeños (sorgo y trigo), equipos de molienda diferentes pueden ser utilizados. Se recomienda molino de rodillo para obtener mayor uniformidad de tamaño de partícula y menos “finos” o polvo,

El fin de la molienda es de fraccionar en forma física los granos a ofertar, principalmente los almidonáceos, como el maíz y sorgo, utilizados comúnmente en el racionamiento de alimento, para la crianza de cerdos y aves de corral. Con el único fin mejorar su valor nutricional económico, produciendo básicamente una mejora en su digestibilidad por disminución del tamaño de partícula. Se ha demostrado que cuanto menor el tamaño de la partícula mayor es su superficie, a la acción digestiva y mayor es el estímulo para la producción de líquidos del sistema digestivo, con esto una mayor condición para la acción de las enzimas especializadas en desdoblar la materia prima. Otro punto a favor es que se ha encontrado que la reducción del tamaño de partícula disminuye la tasa de paso por el tracto gastrointestinal, aumentando aun más la conversión alimenticia. Al mismo tiempo se disminuye el trabajo de la masticación, que es un gasto de energía, ganándose tiempo en la ingestión y la energía que se utilizaría para tal propósito, logrando beneficios cuantificables con el simple hecho de fraccionar el grano.

Para Goodband, *et al*, (2001) en el pasado ha habido una confusión referente al óptimo de tamaño de partícula en la alimentación porcina. Esto debido a una generalización muy amplia en la clasificación en el tamaño de partícula para las dietas, estos términos son: fino, medio o grosero, recientemente ha sido elaborado un método más preciso de clasificación, basado más propiamente en el Diámetro Geométrico Medio (DGM) de las partículas medidas en “ μm ” y la desviación Padrón, de la media del diámetro geométrico de las partículas o sus distribuciones (ASAE, 1973), estas medidas permiten una mayor precisión, en la definición del tamaño de partícula y nos permite hacer recomendaciones más específicas para optimizar el desempeño porcino.

Condiciones que complican la información disponible acerca de los efectos del tamaño de partícula, sobre el desempeño del cerdo, son las interacciones entre la edad del cerdo y el tamaño de partícula. Para (Goodband *et al*, 2001) en todo procesamiento físico o químico de un ingrediente para potenciar su uso debe ser en

función del tipo de animal que se va a alimentar, observando el comportamiento del cerdo al alimentarse, las facciones anatómicas y fisiológicas de la boca.

En esta especie, es conocida la forma descuidada del animal al introducir los alimentos, lo que hace propenso al animal a sufrir enfermedades respiratorias por introducir partículas muy finas a su sistema respiratorio. Para evitar este problema se consideran alternativas en la presentación de los ingredientes, por ejemplo, la humectación, la presentación de los alimentos en forma líquida, el peleteado o “granulado” de la ración.

En el cuadro 3 se ilustra de que manera influye la oferta de alimentos en forma líquida o peletizada. En la digestibilidad y aprovechamiento de los nutrientes, aunque nuestra situación todavía se mantiene con el sistema del alimento molido (harina) y ofertado en seco.

Cuadro 3. Efecto de ración húmeda y seca en alimentación de cerdos.

Tipo de ración	Seca	Húmeda
Consumo de ración (kg/d)	2,18	2,35
Ganancia de peso (g/d)	764	952
Conversión alimenticia	2,86	2,79
Espesor de tocino (mm)	12,80	14,00

Fuente: (Walker, 1990) citado por Roppa, 2001)

Como se mencionó anteriormente, mientras menor el tamaño de la partícula, mayor la superficie de acción de las enzimas y mejor su digestibilidad. Este punto habrá que tomar en cuenta por el hecho de que mientras más pequeña la partícula (< 500 μm), adquiere cierta capacidad para producir ulceraciones lo cual lleva a entender que lo que debemos conocer es el tamaño de partícula ideal a utilizar con mayor eficiencia en la alimentación. En el cuadro 4 se muestra el efecto del tamaño de la partícula en alimentación de cerdos.

Cuadro 4. Efecto de tamaño de partículas en el tracto digestivo en alimentación de cerdos de engorde.

Tamaño de partículas, μm	1000	800	600	400
Úlceras estomacales:				
<i>Normal</i>	19	17	15	10
<i>Erosión</i>	0	3	2	4
<i>Úlcera</i>	1	0	2	6
<i>Úlcera severa</i>	0	0	1	0

(Wondra *et al.* 1992)

El tamaño de partícula recomendado consiste en un promedio de 700 μm de diámetro geométrico medio, sin embargo la producción o el procesado de los granos en nuestros equipos de molienda no es uniforme, es por eso que se maneja en un rango de 500 a 800 μm , para obtener buenos resultados. (MSUcares, 2001b)

Goodband *et al.*, (2001) mencionan en su artículo, estudios realizados por Healty *et al.*, (1994) donde sugieren que lechones destetados a los 21 días de edad responden a un tamaño de partícula óptimo de 500 a 700 μm , mientras que para animales en crecimiento acabado el tamaño de partícula adecuado es de 700 μm , a este DGM se optimizan la eficiencia en el desempeño animal y la producción de la molienda.

Mejorando la eficiencia de utilización través de un adecuado tamaño de partícula se tendrá un tremendo efecto en costos de producción. Si bien se ha enfatizado que 700 μm es un rango aceptable, para alimentos completos sería de 600 a 800 μm .

3.10. BENEFICIOS TÉCNICO-ECONÓMICOS DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA.

Myer, (1998) reporta un estudio realizado por Jilek (1981) en Florida, EEUU el cual propone analizar en cerdos de 25 a 100 Kg. Por las alternativas de oferta de alimento completo de maíz entero más un suplemento proteico, aportados estos dos últimos bajo un manejo de “libre selección”. Dicho estudio concluyó que la alimentación de cerdos bajo un sistema de “libre selección” significó una a dos semanas de retraso para alcanzar su peso final o de mercado; asimismo, por cuanto la conversión fue menor, los costos relativos a este tipo de manejo alimentario no alcanzaron las respuestas de un manejo de alimento estándar.

Sin duda alguna la industria porcina evoluciona a un ritmo acelerado, en cuanto a nutrición, genética, tecnología de manejo y sanidad. Es de importancia para la obtención de máxima producción, no dejar ningún resquicio que pueda aprovechar la baja de la productividad. La nutrición en la crianza de cerdos equivale a la base de todo el módulo productivo, representando hasta un 80 % de los costos de producción. Los ingredientes utilizados para el racionamiento de alimento para cerdos son en base a granos, llámese maíz, sorgo, soya, etc. Para aprovechar al máximo de potencial de estos granos, es que utilizamos técnicas de procesamiento de alimentos. En nuestro medio el procesamiento de los ingredientes es principalmente a través de la molienda, esto por la facilidad y el costo adecuado a la situación económica de la producción en nuestro medio. (Sin menospreciar las distintas formas de procesado conocido).

Para la mayor eficiencia en conversión de los ingredientes que se administran a los cerdos, estos han sido divididos en fases que debido a los cambios fisiológicos que sufre el cerdo, estos son: lechonaje, destete, crecimiento, acabado, gestación, lactación, reproductores. Con este sistema cada fase recibe un alimento especializado para su mejor aprovechamiento, se menciona esto por que la reducción del tamaño de la partícula es esencialmente crítica en la fase de iniciación y de crecimiento, ya que

en esta fase la tasa de paso es más alta y se debe aprovechar este hecho para aumentar de manera considerable la conversión, sin decir que deberíamos dejar de dar alimentos procesados por molienda a animales como los de: machos de reproducción, lactantes y gestantes, que tiene una tasa de paso es más baja.

Un estudio realizado para determinar los efectos del tamaño de partícula publicado por MSUcares, (2001b), realizado en las fases de lechonaje, cerdos crecimiento-acabado y lactación, dieron los siguientes resultados.

Un total de 240 lechones de destete fueron usados para determinar los efectos de tamaño de partícula de maíz y sorgo, sobre la respuesta de crecimiento. Los tratamientos eran las dietas peletizadas conteniendo maíz y sorgo molidos a 900, 700, 500 y 300 μm . En términos generales, los cerdos alimentados con raciones que contenían maíz crecieron más rápido, consumieron más alimento, y fueron más eficientes que aquellos alimentados con sorgo. Los cerdos alimentados con dietas de 15 a 20 % de maíz tuvieron ganancias mayores y un 4% de mayor de eficiencia de ganancia que aquellos alimentados con sorgo. Este estudio sugirió que a medida que el cerdo es mayor el óptimo del tamaño de la partícula puede aumentar. Considerando la energía requerida para molienda, volumen de la producción, de la molienda y tasa de crecimiento, el molido del sorgo y del maíz a 500 μm se recomienda en dietas para cerdos recién destetados.

En el caso de los cerdos en crecimiento-acabado, 70 cerdos fueron empleados para determinar del sorgo sobre las características de molienda, tasa de crecimiento, digestibilidad, digestibilidad de los nutrientes, y morfología del estómago en cerdos de acabado. Los tratamientos consistieron en una dieta conteniendo maíz molido a 600 μm , sorgo molido a 800, 600 y 400 μm y sustituyeron al maíz en la dieta testigo en base ha peso. Los sorgos exigieron menos energía para la molienda, la tasa de producción fue mayor, y produjo menos ruido que para moler el maíz. Los cerdos alimentados con sorgo tuvieron una ganancia media, así como un consumo

alimentario promedio, la conversión alimentaria fue similar a aquellos alimentados con maíz. Considerando los efectos positivos de la molienda fina en la eficiencia de ganancia diaria y la digestibilidad nutricional, así como los efectos negativos (energía para moler, tasa de producción de molienda y morfología del estómago), un compromiso aceptable para el tamaño de la partícula de sorgo en dietas a peletizar para cerdos en acabado se recomienda sea de 600 μm .

En el caso de cerdas en lactación se realizó en 100 cerdas primíparas para determinar los efectos del tamaño de partícula de maíz en dietas de lactación sobre la cerda y respuesta en la camada. Los tratamientos incluyeron maíz molido a 1200, 900, 600 y 400 μm . El tamaño de partícula de maíz no tuvo influencia en el peso de la cerda o pérdida de grasa, o sobrevivencia del lechonaje. Sin embargo, el consumo de alimento y la digestibilidad de materia seca, nitrógeno y la energía bruta fueron aumentados (6,5 y 7%, respectivamente) a medida que el tamaño de partícula fue reduciéndose de 1200 a 400 μm . Basado en los datos en este estudio, consumo de nutrientes y las ganancias de peso de las camadas pueden ser aumentados moliendo maíz para dietas de lactación a los tamaños de 600 a 400 μm . (MSUcares, 2001b)

Para Duane, (2000) el procesamiento de los alimentos es un paso importante entre los nutricionistas y el cerdo. No importa cuan precisas sean formuladas las dietas raciones, el desempeño del cerdo se verá afectado si las dietas no son procesadas o mezcladas apropiadamente. Si la molienda de los ingredientes corresponde más de medianos a groseros en lechones, producen fermentaciones digestivas no deseadas; por otro lado, en el tracto gastrointestinal mientras que los ingredientes sean molidos mas finamente aunque aumenta su digestibilidad son capaces de producir ulceraciones e incremento de polvo en las instalaciones. La decisión del uso de uno u otro tamaño de partícula dependerá de gran manera al animal que se va a alimentar, en este caso el cerdo. El tamaño de partícula es logrado a través de zarandas de diferentes diámetros.

Dalla, (2001) menciona que el diámetro geométrico medio en las fases de crecimiento y terminación deben tener como mínimo 500 μm de diámetro.

Según Duane, (2000) la recomendación para el uso de tamaño de partícula promedio es de 650 a 750 μm . El procesamiento del alimento debe ser tal que su desviación estándar sea de 2 a 2,5 Goodband *et al*, (2001) cita a un estudio de la Universidad de Kansas donde emplearon el rango de 700 a 800 μm como rango recomendado para la crianza porcina

EMBRAPA (1999), oferta un programa computarizado denominado SOFTGRAN en el cual considera como rango apropiado para evaluación de la granulometría en cerdos como 600 a 800 μm . Para Penz M. (comunicación personal) la desviación estándar del DGM que recomienda como nivel de criterio es “2”, como indicador de uniformidad de la molienda. En el cuadro a continuación se observa efecto del tamaño de la partícula en la conversión.

Cuadro 5. Efecto del tamaño de partícula de ración en alimentación de cerdos de engorde.

Tamaño de Partículas, μm	1000	800	600	400
Ganancia / día, (Kg)	0,960	0,940	0,950	0,980
Conversión alimenticia	2,95	2,93	2,91	3,10
Consumo diario, Kg.	3,25	3,21	3,26	3,16

(Wondra *et al*. 1992)

3.11. CONTROL DE CALIDAD.

Goodband *et al*, (2001) resaltan que mejorando la eficiencia de utilización del alimento a través de un adecuado tamaño de partícula se tendrá un efecto tremendo en los costos de producción, este concepto involucra el sopesar la relación costo beneficio.

Cuando se asume la responsabilidad de la elaboración de mezclas de alimentos un programa de control de calidad es vital. Los programas de control de calidad varían en función al tamaño de las operaciones pecuarias y dependerá de los ingredientes que se emplean en la planta. Cuando se considera los temas centrales de este estudio, Goodband *et al*, (1997) indican que para el tamaño de partícula este índice debe ser evaluado cada 400 a 600 toneladas de alimento procesado. La presencia de granos enteros o partidos, es indicador de que la zaranda esta rota o que los martillos o los rodillos estén desgastados. Referente a la eficiencia de mezclado las mezcladoras deben ser chequeadas para uniformidad de mezcla al momento de su instalación y luego unas 2 veces al año, causas para mezclados desuniformes incluyen desgaste de las paletas del sinfín.

Si bien se reconoce de que de un modo u otro se realiza el control de calidad de los aspectos citados en algunas plantas de balanceados, es importante resaltar que no existen estudios realizados anteriormente al presente trabajo sobre monitoreo en la región. Se pretende dar importancia al tema “granulometria” pues es un tema bastante reconocido a nivel mundial en el manejo de las dietas o raciones en las distintas especies

IV. MATERIAL Y METODOS

4.1. LOCALIZACION DEL ÁREA

El presente trabajo se realizó en el área de influencia al Area Integrada de Santa Cruz Central, en el entendido que el asentamiento de la mayoría de los módulos de crianza porcina se han establecido en un radio no mayor a los 100 Km. de la ciudad de Santa Cruz aprovechando tanto la oferta de productos y subproductos agroindustriales y la dotación de vías camineras de fácil acceso a los centros de consumo del país. El área de influencia al estudio se encuentra a 420 m.s.n.m. ubicada entre los 63° 10' de LO y 17° 47' de LS. La temperatura media anual es de 24 °C y la precipitación anual de 1200 mm. Santa Cruz de la Sierra, tiene una población porcina aproximada equivalente 741.816 animales criados bajo variantes a los actuales sistemas de crianza regional o mundial (CAO, 1999).

4.2. MATERIAL

- Conjunto de tamices cuya numeración (ASTME-11) abertura (μm): 8 (2360), 12 (1700), 14 (1400), 18 (1000), 25 (710), 50 (500), 60 (250), 100 (150)
- Equipo vibrador de tamices.
- Balanza con precisión de un gramo.
- Estufa para 105 °C.
- Equipo de limpieza de tamices (pinceles, brochas y compresor de aire)
- Bandeja de distintas capacidades.
- Equipo de computación.
- Material de muestreo: bolsa, frascos herméticos, marcador.

4.3. MÉTODO

En los meses de Mayo a Julio del 2002 se tomó muestras de raciones completas, maíz y sorgo molidos de quince granjas porcinas tomándose en cuenta si manejan la molienda en función de la fase de crianza. La metodología realizada se basó en el comunicado técnico, “Método de determinación de granulometría de ingredientes para uso en raciones de suínos y aves” descrito por Zanotto y Bellaver, (1996), cuyo protocolo es como sigue:

1. Después del molido, se toma una muestra de aproximadamente 1 Kg.
2. Envase la muestra, debidamente identificada
3. En el laboratorio:
 - 3.1. Homogenizar la muestra en un recipiente mayor.
 - 3.2. Tomar una muestra de aproximadamente 0,5 Kg
 - 3.3. Secar la muestra a temperatura de 105 °C, por 24 h principalmente para evitar que las partículas se adhieran a la malla de los tamices.
 - 3.4. Retirar la muestra de la estufa y dejar que se equilibre al ambiente.
 - 3.5. Pesar los tamices.
 - 3.7. Pesar en un recipiente aproximadamente 200 g de muestra y transferir la muestra a los tamices.
 - 3.8. Sujetar firmemente el conjunto de tamices en el equipo vibrador.
 - 3.9. Ajustar el nivel de vibración en posición 8 y realizar el tamizado por 10 min.
 - 3.10. Retirar la cantidad de muestra detenida en cada tamiz y pesar, anotar el peso de las muestras. Limpiar los tamices con aire comprimido entre cada muestra.

La información obtenida fue introducida al programa SOFTGRAN (EMBRAPA, 1999) para el análisis de Diámetro Geométrico Medio (DGM) y Desviación Padrón del Diámetro Geométrico medio (DPDGM).

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Por cuanto este trabajo consistió en un muestreo para evaluar la situación del manejo de la granulometría en la molienda de los granos almidonáceos en granjas porcinas. La información será sometida a medidas de tendencia central y dispersión, así como de proporciones porcentuales en función del rango de criterio de referencia, asimismo se procedió a analizar la información de DGM y DPDGM, dependiente a la variable de análisis a la prueba de “T” de student para muestras no apareadas y un ANAVA para un diseño de bloques, para observar la existencia de diferencias de parámetros entre granjas y fases de crianza, de existir una $F_{calc} > F_{tab}$ se procedió a obtener las diferencias por la prueba de Tuckey.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La eficiencia técnico-económica a lograrse en todo módulo de producción pecuaria, es resultante de considerar la eficiencia de cada uno de sus componentes o factores influenciadores a la respuesta animal y ellos son el manejo nutricional, sanitario, reproductivo y genético. Al considerar el manejo nutricional, tema central del presente estudio, su importancia se ve resaltada por cuanto en esta especie representa entre el 70 a 80% de los costos de producción (Whittemore, 1996). Bajo esta premisa de análisis la situación se magnifica cuando la respuesta animal tanto en la producción como la reproducción se ve afectada por aspectos como no cubrir sus requerimientos nutricionales o incurrir en errores como (a) emplear incorrectamente valoraciones nutricionales de los macroingredientes energéticos o proteínicos (humedad, contaminantes, adulterantes, etc.), (b) mal procesado de los ingredientes (molienda, cocimiento), (c) mezclado, (d) almacenamiento de ingredientes o alimento balanceado o inclusive (e) por un mal planeamiento de su distribución en comederos.

Se entenderá entonces que son muchos los puntos críticos a considerarse cuando se refiere al componente manejo nutricional. El presente trabajo considera solo uno de los temas a analizar cual es el procesamiento de los ingredientes, y mas propiamente a la molienda, traducido en el indicador denominado "Tamaño de Partícula" (TP) de las dietas o raciones o sus ingredientes que los componen.

El objetivo primario en el manejo nutricional es lograr un máximo de digestibilidad de los ingredientes y absorción de los nutrientes para su eficiente empleo en el metabolismo corporal. Los ingredientes proteínicos, generalmente subproductos de la extracción de aceites como el caso de la soya son sometidos a cocción y molienda para su oferta y correspondiente empleo por el productor. No sucede así con los granos almidonados, representados en la región por el maíz y el sorgo, cuya comercialización es principalmente como grano entero. Los almidones que contienen como aportantes de energía, son mejor aprovechados por el animal si estos son

dextrinizados o gelatinizados. La dextrinización o gelatinización implica someter a calor para rompimiento de las cadenas polisacáridas donde para tal efecto se precisa de procesamientos como cocimiento húmedo o sometimiento a peletizado, extrusión o micronización, alternativas estas que representan implementación de maquinaria costosa dificultando su aplicación.

La molienda, si bien no significa dextrinizar los almidonáceos reduce el tamaño de partícula de los granos o almidones aumentando la superficie para la acción enzimática del tracto gastrointestinal. De acuerdo a Goodband *et al*, (2001) mejorando la eficiencia de la utilización del alimento a través de un adecuado TP se tendrá un efecto relevante en los costos de producción.

Los indicadores de criterios para la evaluación del TP de un manejo alimentario son propuestos como Diámetro Geométrico Medio (DGM) que es resultante de tamizar las muestras a través de un grupo de tamices empleando un equipo de vibración, La distribución en peso del material tamizado es sometida a cálculos para diámetro geométrico de las partículas de la muestra. Esta información se complementa con La Desviación Padrón de Diámetro Geométrico Medio (DPDGM) que nos permite conocer del grado de uniformidad de la molienda, esta alternativa de evaluación de la molienda se denomina “GRANULOMETRIA” la que, sin duda alguna representa hoy en día, una herramienta útil para apoyar a evaluar un alimento en el afán de avanzar paralelamente con los avances de la tecnología y la genética actual.

Estudios realizados y documentados por la *MSUcares*, (2001b) demuestran que los porcinocultores pierden aproximadamente de entre 3 a 8 % de ganancia por efecto de situación de la molienda de sus granos *vs* la respuesta animal. Es un dato importante cuando se considera el costo de la alimentación en el rubro de la porcinocultura por no introducir el análisis de granulometría en el control de calidad de sus insumos y (o) raciones completas para alimentar los cerdos.

Es innegable que considerar el tamaño de partícula (TP) significa hablar de costos de producción, en el entendido que en el rubro de crianza porcina a menor TP mayor la eficiencia digestiva y de conversión alimentaria; sin embargo, estas respuestas deben ir sopesadas con los costos de molienda pues reducir el TP de 1000 a 400 μm representa aumento en el tiempo de molienda y en el gasto de energía eléctrica. Goodband *et al*, (2001) a favor de este tema indica que diversas investigaciones prueban que ajustando la zaranda y el molino para que se obtenga un DGM de partículas de 700 μm se logra los mejores resultados en relación de costo de producción y TP adecuado.

Bajo ese resumen conceptual de la temática a analizar el presente trabajo consistió en evaluar la granulometría de dietas y de maíz y sorgo en 15 granjas porcinas caracterizadas de tamaño o población media a grande (200 a 1000) vientres y con un manejo zootécnico acorde a las actuales tendencias de crianza de cerdos en confinamiento. La información tabular obtenida es sometida a discusión como sigue:

5.1. Evaluación de la granulometría en raciones.

Del total de las granjas (15) se colectó 75 muestras de alimento balanceado o dietas o fórmulas para seis fases de crianza (Ver cuadro 6). Para fines de mejor comprensión se agruparon en Preinicio (3 a 6 Kg. pv), Inicio (6 a 25 Kg. pv) Crecimiento (25 a 50 Kg. pv), Engorde (50 a 90 Kg. pv), gestantes y Marranas en lactancia.

El DGM general para las muestras de alimento balanceado fue de 781 μm con una DPDGM de 1,80. De acuerdo a Goodband *et al*, (2001) cuando se evalúa granulometría en alimentos completos para la crianza de cerdos el rango de aceptación de este para las distintas fases de crianza es de 600 a 800 μm y un DPDGM de 2 a 2,5 para Duane, (2000) (Los cuadros 6 y 7) ilustran en forma tabular éste análisis; al respecto, los valores promedios por fases fueron de 689 a 796 μm para las fases de crianza comercial y de 801 y 822 μm para las reproductoras. No se

observó diferencias estadísticas entre medias ($P > 0,05$) debido esto probablemente a la alta variación entre mediciones individuales las que fluctuaron entre 486 a 1077 μm . Cuando se analiza la distribución de la granulometría en función del rango de referencia esta es de 9% para muestras con $< 600 \mu\text{m}$, 50% para 600 a 800 μm y 41% para $> 800 \mu\text{m}$.

Respecto de la DPDGM (Cuadro 7) el promedio general es de 1,80 donde las medias por fases de crianza fluctuaron entre 1,79 y 1,84 sin diferencias estadísticas entre ellas ($P > 0,05$). Solo una de las muestras contenía un DPDGM de 2,05 entendiéndose así que el total de las muestras, si se considera a Duane, (2000), presentaba adecuación en la uniformidad de la molienda. Esto es un indicador que el manejo de la molienda es adecuado ya que la uniformidad de la molienda es dependiente del tamaño de la zaranda, de la condición de los martillos, del volumen de alimentación del molino o del número de revoluciones de los martillos.

Si bien se muestrearon 15 granjas, al momento del muestreo no todas ellas contenían todas las fórmulas en planta o en granjas. Para fines de analizar en forma balanceada se sometió a análisis estadísticos aquellas granjas que tenían todas las fases de crianza como alimentos balanceados. Cuando se analiza el DGM en función de tres fases de diferenciación o evaluación (preinicio e inicio, crecimiento y engorde y gestantes y lactancia) se observan diferencias ($P < 0,05$) entre fases y entre granjas. El cuadro 8 ilustra esta información donde en la fase de 3 a 25 Kg. de pv la media fue de 718 μm , ($P > 0,05$) a las medias de 25 a 90 Kg. pv (780 μm) y gestantes y lactantes (809 μm). Aún así, en estas granjas un 25, 50 y 37% de las muestras en relación a las tres fases de análisis contenían DGM superiores a 800 μm .

Al analizar el DPDGM entre estas tres fases de análisis (Cuadro 9) no se observó diferencias ($p > 0,05$) entre promedios sea entre fases ni granjas en estudio (8), asimismo, el total de las muestras analizadas se encontraba en un valor $< 2,0$

5.2. Evaluación de granulometría para granos almidonáceos.

Los granos almidonáceos son la fuente primaria de energía además abarcan un gran porcentaje en la formulación de las raciones para animales; por lo tanto, el productor deberá preocuparse no sólo acerca de la composición de su ración sino del procesamiento del grano, el cual tendrá un fuerte impacto en la granulometría de la ración y en la eficiencia del mezclado. La reducción del tamaño de la partícula mejorara la eficiencia alimentaría en cualquiera de las fases. De acuerdo a Goodband *et al*, (2001) no se recomienda DGM menores a 500 μm por la incidencia de úlceras estomacales que tiende a provocar en los animales incidiendo negativamente en la eficiencia alimentaria. Sin embargo se toma en cuenta el costo de reducción de la partícula en relación con la edad del animal para obtener los mejores beneficios en costo/beneficio.

En el área de influencia al presente estudio, más propiamente el Área Integrada de Santa Cruz Central y las áreas de influencia a este eje de producción, mercadeo y comercialización de la agropecuaria cruceña el maíz y el sorgo constituyen la principal fuente de energía para la preparación de alimentación en aves de corral y cerdos e inclusive vacunos (lechería).

Aunque en su fase inicial, más propiamente hasta los 30 a 35 días de edad el lechón se considera como un eficiente digestor de la lactosa (Miller *et al*, 1991), y por ello se recomienda mejor restringir el empleo de maíz en este periodo de vida del lechón, esta fuente energética almidonácea se considera de uso sin límites en la crianza porcina. Su principal alternativa de reemplazo es el sorgo, preferentemente aquel de bajo contenido en taninos (<0,5%); éste último, por este factor antinutricional es recomendado se emplee a partir de los 25 a 30 kilos de peso vivo pudiendo inclusive reemplazar al maíz en animales de mayor edad.

Si bien Goodband *et al*, (2001) sugieren el rango de 600 a 800 μm de DGM como el TP adecuado para dietas o raciones balanceadas en porcinos, cuando se analiza los granos almidonáceos el rango recomendado es de 500 a 700 μm , mientras que el DPDGM se mantiene como 2 a 2,5 como indicador de uniformidad de molienda. Es en atención a estos conceptos que el análisis de discusión de estos granos es como sigue:

5.3. Evaluación de granulometría del maíz

Respecto al maíz, se muestreo un total de 15 granjas, obteniéndose un promedio general del DGM de 760 μm (Cuadro 10) con DPDGM de 1,74 (Cuadro 11) no se observaron diferencias entre medias ($P > 0,05$) cuando se compara su oferta para animales hasta los 25 Kg. de p.v. *vs* mayores de 25 Kg. pv y reproductores, reiterándose la probabilidad de la alta variación entre muestras individuales. Para el DGM un 57% del total de muestras analizadas (30) contenían valores $>700 \mu\text{m}$. Cuando se analiza entre las dos fases comparativas para las muestras de maíz destinadas a animales >25 Kg. pv este valor es de 47% mientras que para los mayores el valor es de 67%. En cuanto al DPDGM el total de las muestras analizadas estaban con un valor $<2,0$

5.4. Evaluación de granulometría del sorgo.

Por cuanto el sorgo se emplea en las fases de animales con mas de 25 Kg. de peso vivo se procedió a comparar a este con las muestras de maíz destinadas para las citadas fases. El promedio de ambos granos fue de 807 μm no encontrándose diferencias entre ellos ($P > 0,05$) donde los DGM para el maíz y sorgo fueron de 802 y 811 μm , respectivamente. Al considerarlos como uso para animales con mas de 25 Kg. de pv se observa que un 79% del total de las muestras analizadas contenían un valor superior a 700 μm , al evaluar en forma independiente los granos este valor fue de 67 y 79%, respectivamente (Cuadro 12). Al análisis del DPDGM el promedio general fue de 1,76 donde el total de las muestras se encontraban con un DPDGM $< 2,0$ (Cuadro 13)

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al análisis y discusión de los resultados acerca de la situación de la molienda de los granos en la alimentación de porcinos es posible concluir lo siguiente:

1. El Diámetro Geométrico Medio, si bien se encuentra dentro de los rangos adecuados para el caso de las dietas o raciones o ligeramente por encima en el caso de los granos almidonáceos, cuando se evalúa en forma mas detallada se observa una tendencia de consideración a tamaños de partículas superiores a aquellas recomendadas para las distintas fases de crianza en esta especie.
2. La uniformidad de la molienda es adecuada, indicando esto que en planta se tiene el cuidado necesario acerca de la carga de los molinos y(o) manejo de molienda.
3. Si bien el resultado al monitoreo indica un aparente buen manejo de la molienda de granos, en granja no está incluido en su control de calidad este análisis. Su implementación sería conveniente

VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- ASAE, 1973. Methods of determining and expressing of feed materials by sieving. ASAE Standard S 319. *In.-* Agricultural Engineers Yearbook of Standards, ASE, p 325
- CAMARA AGROPECUARIA DEL ORIENTE, 1999. Números de nuestra tierra. Santa Cruz – Bolivia. pp. 225 – 229.
- DALLA, O. S. 2001. Comunicado técnico. Aspectos de nutrición relacionados con la crianza de cerdos en fase de crecimiento, terminación en granjas del sur del Brasil. pp. 1 a 3.
- DUANE, E. R., 2000. Swine nutrition guide. Nebraska & South Dakota Universities. Nebraska Cooperative Extensión Service, EC-95-273. July 2000. p. 42.
- EMBRAPA 1999 Softgran, versión 2, desarrollado por Bernardi, L.A., Zanotto, D.L. e Guidoni, A.L., Copyright(c) EMBRAPA-suinos e aves- 1999
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. 1997. Anuario Estadístico del Ministerio de hacienda. República de Bolivia. pp. 341 – 342.
- GOODBAND, D.R, TOKACH, D.M., DITZ, S.S. AND NELSON, IJ, 1997 General nutrition principles for swine. Kansas State University, Experimental Station & Cooperative Extension Services. MF 2298, October, 1997. p. 35
- GOODBAND, D.R., M.D. TOKACH AND J.L. NELSEN, 2001. The effect of diet particle size on animal performance. Department of grain science and industry, KSU, Agric, Exp. Stat and coop. ext. service. pp. 1a 6.

- MILLER E.R., ULLREY, D.E. & LEWIS, A.J. 1991 Swine Nutrition, Butterworth-Heinemann, Printed in USA, 673 pp
- MSU*cares*, 2001a. Producción de carne de cerdo. Sugerencias para mejorar la eficiencia alimentaria en módulos porcinos. <http://msucares.com/livestock/swine/particle>.
- MSU*cares*, 2001b. Pork production. Is particle size important for swine diets? Mississippi State University Extension Service, Mississippi, Agricultural and Forestry Experiment, 6 pp. <http://msucares.com/livestock/swine/particle>.
- MYER, R. 1998 Free choice feeding of whole corn and supplement to growing & finishing swine. Univ. of Florida Extensión Services. IFAS, AS41, 4 pp.
- ROPPA, L. 2001 Nutrición. Pork news. Internet. <http://porkworld.com.br>
- WHITTEMORE, C. 1996. Ciencia y práctica de la producción porcina. Traducido por Malvenda, P.D., Editorial Acribia, S.A., Zaragoza – España. pp. 1-4, 282 – 388.
- ZANOTTO, D.L. e BELLAVER, C., 1996. Método de determinación de granulometría de ingredientes para uso en raciones en cerdo y aves. Comunicado técnico, ISSN 0100-8862. EMBRAPA, 5 pp.
- WONDRA, K.J. R.A. McKOY, J.D., J.D, HANCOCK, K.C. BEHNKE, R.H. HINES, CH, FAREHOLZ, and G.A. KENNEDY 1992. Effects of diet form (pellet vs meal) and particle size on growth performance and stomach lesions in finishing pigs. J. of Anim. Sci. 70 (Suppl.1): 239(abstr)

VIII. ANEXO

