

PROBLEMAS DE MEZCLADO Y UNIFORMIDAD EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS PARA ANIMALES

Emilio Vargas González¹

Abstract

Mixing and uniformity issues in the feed industry.

This paper discuss the main issues related with proper mixing and feed uniformity on animal performance. An analysis is made of the factors that contribute to non-uniformity such as ingredient characteristics, insufficient mix time, mixer overload, worn on broken mixing components, ingredient build-up, improper sequence of ingredient addition among others. The main part of the paper is focus to diet uniformity and its effect on animal performance. The present-day information shows that coefficient of variation (CV) of growing animals are probably less sensitive to diet non uniformity that once thought, with a CV (Quanta as chromium analysis) of 12% being adequate for broiler chicks and nursery pigs and a CV of at least 15% (and probably higher) being adequate for finishing pigs. At present, there is no "standard" testing procedure that gives accurate results on mixers performance. It is need to design new procedures and conduct credible research that will result in a better understanding of the value of uniformity and the cost of non-uniformity in livestock production. However, commercial feed manufactures still should exercise care to provide uniformity in diets that have feed additives, such as antibiotics, that are subject to testing by regulatory agencies, and the satisfaction obtained in producing quality feeds.

¹ Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica

INTRODUCCIÓN

El principio básico del mezclado de cualquier alimento balanceado, es combinar cada ingrediente, en forma homogénea, de tal manera que el animal que consume ese alimento, obtenga en cada comida todos los nutrimentos en las cantidades y proporciones que necesita para crecer óptimamente. Los aditivos alimentarios y los micronutrientes son los más críticos y deben estar presentes en cada componente del alimento, en las cantidades adecuadas para proporcionar la protección o función que el aditivo tenga; de no ser así, existe la posibilidad de deficiencias del micronutriente o la presencia de enfermedades tales como coccidiosis y diarreas, entre otras. En todos los casos, los niveles de los nutrimentos deben ser controlados de tal manera que no se presenten deficiencias ni toxicidades de ningún nutrimento o aditivo.

Las interrogantes que surgen cuando se mezcla un alimento balanceado son: a) Se logra una buena homogeneidad de todos los ingredientes?; b) Un mal mezclado en cuánto afecta el rendimiento de los animales? y c) Cuál es la uniformidad de mezclado permitido, sin que afecte el rendimiento de los animales?

El objetivo del presente trabajo es presentar una visión general sobre el problema de mezclar alimentos balanceados y revisar el efecto del grado de mezclado sobre el rendimiento animal.

Factores que afectan la uniformidad del mezclado

Hay una serie de factores que pueden afectar la uniformidad del mezclado, dentro de los cuales se señalan: las características de los

ingredientes, el tiempo insuficiente de mezclado, el sobrellenado de la mezcladora, el sobreuso de la mezcladora, la suciedad del sistema de mezclado, la mala secuencia de adición de ingredientes, los errores de pesado, la segregación post-mezclado y el equipo de mezclado deteriorado. (Pfof *et al.*, 1976; McEllhiney and Olentine 1982; Wilcox and Balding, 1986; Wicker and Poole, 1991; Behnke, 1997 b y Lanz, 1992).

1. Características de los ingredientes

El proceso de mezclado sería bastante sencillo si todas las propiedades físicas y químicas fueran similares; pero si estas varían mucho, surgen problemas de mezclado y segregación. (Behnke, 1992; Behnke, 1997 b).

Entre estos factores se encuentran los siguientes:

- Tamaño de partícula
- Forma de la partícula
- Densidad de la partícula
- Higroscopicidad
- Carga estática
- Adhesividad

De los factores anteriormente señalados, los más importantes son el tamaño y forma de la partícula y la densidad de esta. Las partículas grandes y pequeñas no se mezclan bien, de ahí la necesidad de una homogeneidad en el proceso de molienda. Así, por ejemplo, el maíz quebrado con un tamaño de partícula de 1 200-1 500 micrones, son difíciles de mezclar con partículas de una premezcla mineral o fosfato, que tienen un tamaño de partícula de 150-300 micrones.

Las partículas con alta densidad tienden a separarse e irse al fondo de la mezcladora, las de baja densidad tienden a flotar. Por ejemplo, si la mezcla tiene cascarilla de soya con una densidad de $0,11 \text{ g/cm}^3$ y fosfato dicálcico con una densidad de $1,55 \text{ g/cm}^3$, obviamente esta mezcla trata de separarse rápidamente y de ahí los problemas de mezclado y segregación de partículas. Por esto, si los ingredientes no se adicionan en forma correcta y se mezclan adecuadamente, existirán partes del alimento que no las contienen, con las posibles deficiencias de micronutrientes o la presencia de una enfermedad.

La higroscopicidad se refiere a la capacidad para atraer y absorber agua. Un material muy higroscópico (urea, sal), puede absorber suficiente agua de la atmósfera, como para producir aglutinación.

Algunos ingredientes, como las vitaminas y los medicamentos, poseen una gran carga estática, lo que hace que se peguen a las paredes del depósito y a los lados de la mezcladora, lo cual dificulta su mezclado. Para resolver esto, es necesario que todo el equipo, incluso máquinas portátiles, tengan conexiones a tierra, para reducir la carga estática.

2. Insuficiente tiempo de mezclado

El tiempo de mezclado óptimo, es el tiempo mínimo que requiere la mezcladora para alcanzar una uniformidad de mezclado aceptable. Debe medirse en cada mezcladora al menos dos veces al año y ser una actividad rutinaria en cada fábrica de alimentos balanceados (Behnke, 1997 a). Debido a que es afectado por muchas variables como el tipo de mezcladora, el diseño de esta, el desgaste de las cintas o paletas de mezclado y el llenado de la mezcladora, este constituye la causa más común de la baja uniformidad de mezclado.

3. Sobrellenado de la mezcladora

Si la mezcladora se carga más allá de su capacidad, en algunas áreas dentro de la mezcladora el alimento prácticamente no se mueve y el mezclado simplemente no ocurre. La capacidad máxima de una mezcladora horizontal es un llenado tal, que las cintas de mezclado sobresalgan unos 15 cm del nivel máximo del alimento. (Behnke *et al.*, 1997).

4. Sobreuso de la mezcladora

Si la mezcladora ha sido usada por mucho tiempo, y hasta se le han gastado partes, tales como las cintas de mezclado, o se han quebrado partes del sistema de mezclado, esta no mezcla bien y, por lo tanto, el tiempo de mezclado debe extenderse o, simplemente, nunca se alcanza un mezclado adecuado.

5. Suciedad de la mezcladora

La acumulación de restos de alimentos, melaza y grasa en las partes de agitación de la mezcladora, hacen que cambie el diseño de la misma, lo cual resulta generalmente en un mezclado ineficiente, así como posibles contaminaciones de otros alimentos balanceados con drogas y aditivos indeseables en una mezcla para una especie determinada.

6. Secuencia de adición de ingredientes

Se sabe que hay una ventaja en el mezclado, si se sigue una secuencia de adición de ingredientes apropiados (Behnke *et al.*, 1997; Wilcox y

Balding, 1986; Behnke, 1977 b). No existe una secuencia "normal" de adición de ingredientes, debido a que cambia con la formulación, procedimientos de manejo y otros. Sin embargo, hay algunas guías que sirven para planificar la incorporación de estos. Los ingredientes que ocupan mayor volumen deben agregarse primero y, dentro de estos, los que contienen partículas más grandes y menos densas (forrajes) se incorporan primero y los que contengan partículas más pesadas y pequeñas después. Estos ingredientes voluminosos deben mezclarse bien, antes de agregar los ingredientes de poco volumen. Las vitaminas, minerales y premezclas medicadas, deben incorporarse inmediatamente después y, si es necesario, se hace una premezcla de estas, de tal manera que esta constituya una concentración mínima de 0,25 por ciento de la mezcla total (2,5 kg/ton); idealmente debería ser 0,5 por ciento (5 kg/ton). Si los ingredientes menores se agregan primero, muchos de ellos acaban en el fondo de la mezcladora o se pegan en las paredes y partes móviles de esta y nunca se incorporan en la mezcla final, con lo que se produce una dieta desbalanceada y problemas de contaminación en la siguiente mezcla.

Después de mezclar bien los ingredientes sólidos, y si la fórmula contiene líquidos tales como aceites, estos se agregan en forma de rocío (*spray*) y se mezcla de nuevo hasta obtener homogeneidad.

Cuando sea necesario utilizar ingredientes muy húmedos, como por ejemplo, la melaza, estos se deben poner de último. Los ingredientes que contienen mucha humedad producen grumos; y si se agregaron antes del ciclo de mezclado, los grumos impiden un mezclado uniforme.

Como se deduce, los alimentos balanceados que incluyen grasas y líquidos acuosos, requieren un tiempo de mezclado mucho mayor que los alimentos secos y un equipo especial para su correcta incorporación.

¿Cuándo se considera que existe uniformidad de mezclado en un alimento balanceado?

Para medir la uniformidad de mezclado de un alimento balanceado, se utilizan criterios estadísticos que indiquen el grado de dispersión de un nutrimento o marcador. Debido a que no es práctico analizar cada nutrimento en el alimento, se han desarrollado métodos que utilizan un nutrimento que contenga el alimento, por ejemplo: sal, sodio, aminoácidos, etc. (Wilcox, 1990; Mc Ellhiney, 1985), o un marcador que se agrega (Eisenberg, 1992). Idealmente, el nutrimento o marcador escogido solo proviene de una fuente o ingrediente en la mezcla; de esta manera, una distribución uniforme indica un buen mezclado.

El criterio estadístico que más se utiliza es el coeficiente de variación (CV). Para medirlo, se toman muestras al azar de varias partes de la mezcladora y se analiza el nutrimento o el marcador escogido. Con esta información se calcula el coeficiente de variación, por el método tradicional estadístico (Pfoest, 1976; Wilcox, 1990).

No existe hoy en día un criterio bien claro de cuál es el grado de mezclado, medido en términos de CV más apropiado para los animales. Como "número mágico" se ha sugerido un CV de 10 por ciento o menos (Pfoest, 1976; Beumer, 1991; Lindley, 1991, y Wicker and Poole, 1991).

Por otra parte, se indicó (Behnke *et al.*, 1997) que el grado de mezclado apropiado, depende del tamaño del animal para el cual el alimento está destinado. Así, un camarón que pese un gramo va a consumir aproximadamente 0,12 g de alimento por día y con un tiempo de retención de 20-30 minutos. De acuerdo con esto, en esos 0,12 g deben estar presentes todos los nutrimentos que se han formulado para esa dieta; consecuentemente, la uniformidad debe ser muy buena, con CV menor a 5 por ciento.

Por otra parte, un novillo de 500 kg que consume 15 kg de alimento por día, con un tiempo de retención de 24 a 48 horas, no va a ser tan sensible al grado de mezclado como el camarón que consume 0,12 g.

Relación entre uniformidad de mezclado y rendimiento animal

*En un estudio llevado a cabo en mezcladoras comerciales del estado de Kansas, Wicker y Poole (1991) encontraron que más del 50 por ciento de ellas mostraban valores de CV mayores de 10 por ciento medidos con lisina y metionina como trazadores. En un estudio similar llevado a cabo por Stark *et al.* (1991), en mezcladoras ubicadas en fincas del estado de Kansas, encontraron que solamente 42 por ciento de las dietas estudiadas tenían CV menores de 10 por ciento, medida en este caso, en términos de concentración de sal.*

Los estudios que relacionen comportamiento animal y grado de mezclado, no son muy abundantes. Uno de los primeros estudios fue reportado por Duncan (1979). En este estudio se alimentó a pollos con niveles de proteína que tenían un CV de 10 y 20 por ciento y con niveles de proteína en las dietas que variaron desde 70 hasta 110 por ciento de las necesidades de los animales. La información indica que el rendimiento de los animales fue afectado en forma significativa (Cuadro 1). Por otro lado, Holden (1988) indicó que, en cerdos, el mal mezclado de un lote raramente causa problemas en el desarrollo de los animales, debido a que es consumido en un período muy corto.

Mc Coy *et al.* (1994) realizaron una serie de experimentos en pollos, con el objeto de evaluar el efecto del mezclado sobre el rendimiento de los animales, mediante el uso de diferentes técnicas para medir el CV (Cuadro 2). Las dietas fueron formuladas en 80 por ciento de las necesidades recomendadas por NRC (1984) para proteína, lisina, metionina, calcio y fósforo, para acentuar diferencias causadas por la

desuniformidad de mezclado. Se usaron 10 repeticiones por tratamiento con cinco pollos por repetición, y con un peso promedio de 37 g.

Cuadro 1. Efecto de la variabilidad en la proteína en la dieta sobre el rendimiento de pollo de 0 a 28 días de edad¹

Uniformidad de mezclado	Ganancia de peso g/28 días	Conversión alimenticia
Control	773 ^a	1,73 ^a
10% CV	716 ^b	1,82 ^b
20% CV	703 ^b	1,86 ^c

¹ Duncan, M. 1989.

^{a, b} Promedios en una columna con letra distinta son, significativamente, diferentes.

Cuadro 2. Efecto del tiempo de mezclado sobre el rendimiento de pollos parrilleros.¹

Parámetro	Tiempo de mezclado (Revoluciones que giró la mezcladora)		
	5	20	80
% CV con cloruros ^{a, b}	40,5	12,1	9,7
% CV con trazador rojo ^{a, c}	53,4	16,6	11,3
% CV con trazador azul ^{a, d}	53,9	17,0	10,6
% CV con sodio ^{a, e}	44,5	23,2	22,8
Ganancia diaria de peso (g)	23,6	30,0	30,3
Consumo diario de alimento (g)	43,1	51,5	52,7
Conversión alimentaria	1,82	1,72	1,74
Mortalidad (%)	12,0	0,0	0,0

¹ Mc Coy *et al.*, 1994

a. El CV se calculó en 10 muestras

b. La concentración de Cl⁻ se midió con quantab

c. Trazador azul de Microtracer

d. Trazador azul de Microtracer

e. El sodio se midió con electrodo

La información indica que el mayor incremento en la uniformidad del mezclado ocurrió al pasar de 5 a 20 vueltas en la mezcladora. De 20 a 80 vueltas el incremento fue poco. Se observa así mismo una gran variabilidad en los diferentes sistemas de medir CV; en la dieta más homogénea (80 vueltas), el CV para los cloruros fue de 9,7 por ciento, mientras que con el sodio como marcador fue de 22,8 por ciento. La técnica de microtracer, que utiliza partículas rojas o azules, parece ser más consistente que la del sodio o cloro (Eisenberg, 1992).

El desempeño de los animales se mejoró al pasar de una dieta de pobre mezclado (cinco vueltas) a la de mezclado intermedio (20 vueltas); no se observó mejoría al pasar a la dieta de mejor mezclado (80 vueltas). Así, las dietas con CV entre 12 y 23 por ciento (dependiendo del marcador usado) presentan las mejores respuestas de los animales, en contraste con la recomendación comúnmente aceptada como "número mágico" de CV menores a 10 por ciento, sin importar el marcador usado. Esto parece indicar que las técnicas con los diferentes trazadores no están bien afinadas y no se sabe interpretar los resultados de esas técnicas en términos de respuesta de los animales o que, en el caso de los pollos, no se requiere un mezclado tan homogéneo, para obtener respuestas aceptables de los animales.

Traylor *et al.* (1997) realizó dos experimentos en cerdos de inicio y finalización. El ensayo con cerdos de inicio, se llevó a cabo con 120 cerdos de 5,5 kg en un experimento de 27 días. El tratamiento utilizado fue un mezclado por 0, 0,5, 2 y 4 minutos en una mezcladora horizontal de doble cinta. Para medir el CV se utilizó óxido de cromo en un total de 10 muestras por lote. Los resultados se muestran en el Cuadro 3. Tal como se observa, al pasar el tiempo de mezclado de 0 a 0,5 minutos, el grado de mezclado mejoró sustancialmente de un CV de 106,5 a 28,4 por ciento respectivamente; al aumentar el tiempo de mezclado hasta los cuatro minutos, el grado de mezclado mejoró y alcanzó un CV de 12,3 por ciento.

Cuadro 3. Efecto del grado de mezclado sobre el rendimiento de cerdos en iniciación¹

Variable	Tiempo de mezclado (minutos)			
	0	0,5	2	4
% CV ²	106,5	28,4	16,1	12,3
Ganancia de peso (g/día)	267	379	383	402
Consumo de alimento (g/día)	598	711	701	720
Conversión alimentaria	2,24	1,88	1,83	1,79

¹ Se utilizó 120 cerdos con peso inicial de 5,5 kg con cinco cerdos por corral y seis corrales por tratamiento por 27 días. (Adaptado de Traylor *et al.*, 1997)

² El coeficiente de variación (CV) se calculó utilizando el cromo (Cr) como trazador, en 10 muestras por cada lote de alimento.

El comportamiento de los cerdos, medido en cualquiera de las variables estudiadas, mejoró en forma similar al grado de mezclado; se observó que a partir de 0,5 minutos (CV=28,4 por ciento), mejoró muy poco y asintóticamente; alcanzó los mejores rendimientos en el minuto cuatro (CV de 12,3 por ciento) con una conversión alimentaria de 1,79 en comparación a 2,24 y 1,88 en los minutos 0 y 0,5 respectivamente. La ganancia de peso mejoró en 50 por ciento y la conversión de alimento en 20 por ciento, cuando el tiempo de mezclado pasó de cero a cuatro minutos. Los datos parecen indicar que no se requiere una uniformidad de mezclado más allá de 12 por ciento de CV medido con cromo como trazador, en cerdos de inicio.

En el experimento con cerdos en finalización, se utilizó 128 cerdos con peso inicial de 56,3 kg y se llevaron hasta 117,5 kg. Los tratamientos fueron los mismos indicados en el experimento con cerdos en iniciación. Se utilizó sal como trazador para medir el CV en 10 muestras por lote de alimento. Los datos indican (Cuadro 4), que la uniformidad de mezclado (CV) se redujo de cerca de 54 por ciento hasta menos de 10 por ciento, al mezclarse el alimento por cuatro minutos.

discuten factores como características de los ingredientes, tiempo de mezclado, sobrellenado y desgaste de la mezcladora; suciedad del sistema de mezclado y secuencia de adición de ingredientes, entre otros. El fondo del artículo se centra en cuándo es que un alimento se considera bien mezclado y la relación entre uniformidad de mezclado y rendimiento animal. En este último aspecto, la información actual parece indicar que un coeficiente de variación (CV) en la mezcla del orden de 12 por ciento sería adecuado para pollos parrilleros y cerdos en inicio, y un CV de 15-20 por ciento para cerdos en finalización. La información disponible también indica la necesidad de mejorar la metodología para medir el grado de uniformidad del alimento, así como conocer la relación entre el grado de uniformidad y la respuesta animal.

No obstante, los fabricantes de alimentos balanceados deben procurar que se produzcan alimentos uniformes, especialmente en dietas que contienen aditivos como los antibióticos, que son sujeto de control de calidad por parte de los organismos reguladores, así como por la satisfacción de producir alimentos de buena calidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Axe, D.E. and Behnke, K.C. 1996. "Mezclando los ingredientes adecuadamente." Industria Avícola. 43(4): 14-16.
- Behnke, D.C. 1992. "Cómo mezclar alimentos de calidad: Perspectiva sobre uniformidad de mezclado." Soya Noticias (229): 6-12.
- Behnke, K.C. 1997 a. "Mixing and uniformity issues in ruminants diets." En: Curso de actualización en manufactura, procesamiento y control de calidad de alimentos. ASA/LANCE/UCR. San José, Costa Rica.

- Behnke, K.C. 1997 b. "Mixing Quality Feeds. Perspective on Uniformity." En: Curso de actualización en manufactura, procesamiento y control de calidad de alimentos. ASA/LANCE/UCR. San José, Costa Rica.
- Behnke, K.C.; Fahrenholz, Ch. and Bortone, E. 1997. "Mixing and mixers for the aquaculture industry." En: Curso de actualización en manufactura, procesamiento y control de calidad de alimentos. ASA/LANCE/U.C.R. San José, Costa Rica.
- Beumer, I.H. 1991. "Quality assurance as a tool to reduce losses in animal feed production." Adv. Feed Technology. 6:6.
- Castaldo, D.J. 1995. "From mixing to pellet durability." Feed International 16(5): 18-24.
- Duncan, M.S. 1989. "Strategies to deal with nutrient variability." En: Recent advances in animal protein production. Monsanto Latin America Technical Symposium. San José, Costa Rica.
- Eisenberg, D.A. 1992. "Microtracers F and their uses in assuring the quality of mixed formula feeds." Adv. Feed Technology. 7: 78-85.
- Hancock, J.D., Behnke, K.C., Wondra, K., Traylor, S. and Mauromichalis, I. 1997. "Feed processing and diet modifications affect growth performance and economics of swine production." En: Curso de actualización en manufactura, procesamiento y control de calidad de alimentos. ASA/LANCE/UCR. San José, Costa Rica.
- Holden, P.J. 1988. Diagnosing feed mixing problems in swine herds Agri-Practice 9(4):3. (Citado por Traylor *et al.* 1997).
- Lanz, G.T. 1992. Composición de los sistemas de mezclado. Nutrition update. 2(1): 1-8. (Novus).
- Lindley, J.A. 1991. "Mixing processes for agricultural and food materials: I. Fundamentals of mixing." Agric. Eng. Res. 48: 153.
- McCoy, R.A.; Behnke, K.C., Hancock, J.D. and McEllhiney, R.R. 1994. "Effect of mixing uniformity on broiler chick performance." Poultry Science. 73:443.

- McEllhiney, R.R. and Olentine, Ch. 1982. "Problems with mixing." Feed International. 3(5): 34-38.
- McElliney, R.R. 1985. "Feed manufacturing technology III." American Feed Industry Association. Virginia. USA.
- National Research Council. 1984. Nutrient Requirements of Poultry. 8th Rev. Ed. National Academy Press. Washington, D.C.
- Pfost, H.B. 1976. Feed Manufacturing Technology. American Feed Manufacturers Association . Virginia. USA.
- Stark, C.R., Behnke, D.C., Goodband, R.R. and Hansen, J.A. 1991. On farm feed uniformity survey. p. 144. Kansas Agric. Exp. Sta Rep. Prog. 641. (Citado por Hancock, J.D. 1997).
- Traylor, S.L., Behnke, K.C. and Hancock, J.D. 1997. "Effect of mixing uniformity and pellet quality on animal performance." En: Curso de actualización en manufactura, procesamiento y control de calidad de alimentos. ASA/LANCE/UCR. San José, Costa Rica.
- Wicker, D.L. and Poole, D.R. 1991. "How is your mixer performing." Feed Manag. 42(9):40.
- Wilcox, R.A. 1990. "Mixing test and a suggest test for batch mixers." En: Feed Addition Compendium. Minnesota. The Miller Publishing Company. P. 89-92.
- Wilcox, R.A. and Balding, J.L. 1986. Feed manufacturing problems. Incomplete mixing and segregation. Bulletin C-555 Revised. Kansas State University. Cooperative Extension Service. Manhattan, K.S.
- Wilcox, R. and Unruh, D.L. 1986. Feed mixing times and feed mixers. Kansas State University. Cooperative Extension Service. Manhattan. MF-829.