

# MANEJO DE ADITIVOS PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Ing. Roberto Téllez Salazar  
Técnicas Nutricionales, S.A. de C.V.

## Definición de aditivos

El término aditivo se deriva de algo que puede o debe añadirse, o bien, se refiere a sustancias que se agregan a otras para aumentar o mejorar sus cualidades. Definir los aditivos para nutrición animal hace algunos años era relativamente sencillo. En la actualidad, con la aparición y aprobación de nuevas sustancias, esto se ha venido complicando. No obstante, es absolutamente necesario la elaboración de una norma oficial sobre esto en particular en México. Ya ha habido intentos al respecto sin llegar a conclusiones concretas.

Para efectos de esta presentación podemos partir de la siguiente definición:

Aditivos para la alimentación animal son sustancias que se adicionan a alimentos para animales o a ingredientes, comúnmente en pequeñas cantidades (ppm, ppb), con la finalidad de: complementar nutrientes limitantes, incrementar la ganancia de peso, mejorar la conversión alimenticia, así como la calidad de los productos de origen animal destinados para consumo humano; modificar la apariencia, aroma, sabor, consistencia u otras características tecnológicas de los alimentos; facilitar su almacenamiento y procesamiento, influir en el organismo con funciones dietéticas y prevenir enfermedades que en explotaciones pecuarias se presentan ampliamente.

## Clasificación de aditivos

Los aditivos para alimentación animal pueden dividirse en dos grandes grupos:

- 1.- Aditivos con carácter o función nutricional, o bien nutrimentos complementarios, suplementarios, correctores o aditivos esenciales y
- 2.- Aditivos sin carácter o función nutricional (Ergotróficos)

Es importante señalar que la transición de la esencialidad al efecto ergotrófico en algunas sustancias es una cuestión de la dosis, p. ej. cobre en cerdos en engorda, zinc en lechones. Otras relaciones dosis: efecto similares se presentan en algunas vitaminas como vitamina E (antioxidante biológico) y la calidad de la carne. También la adición de sustancias esenciales (la misma vitamina E, selenio, yodo, ácidos grasos omega-3) en dosis superiores para obtener un enriquecimiento en los productos de origen animal para consumo humano.

Dentro del primer grupo se incluyen:

- a) Vitaminas (incluyendo colina y 25-OH D<sub>3</sub>), provitaminas ( $\beta$ - caroteno) y sustancias de efecto análogo (PABA, mio-inositol, betaína, carnitina, fuentes de ácidos grasos omega-3).
- b) Aminoácidos, sus sales e hidroxianálogos (incluyendo taurina), así como aminoácidos protegidos para ganado lechero.
- c) Compuestos inorgánicos u orgánicos ( complejos, quelatos, proteinatos, etc.) de minerales traza (Mn, Zn, Fe, Cu, I, Se, Co, Mo, Cr, etc.)
- d) Compuestos de nitrógeno no proteínico (urea “grado alimenticio”, sulfato de amonio, biuret)
- e) Sustancias energéticas: propilenglicol, grasas de sobrepaso, almidones-bypass e isoácidos para rumiantes. Los isoácidos son ácidos orgánicos, iguales a los

sintetizados por la flora ruminal, que son esenciales para algunos microorganismos del rumen que digieren la fibra. Incluyendo isoácidos en la dieta para vacas lecheras, se espera un incremento en la producción de leche (↑aprox. 8-10%).

- f) Otros (colesterol en camarones)

Al cubrir una deficiencia de aditivos esenciales mediante su adición, se espera una mayor producción pecuaria. Excesos como también deficiencias pueden ocasionar en algunos casos síntomas de intoxicación o bajas en la producción.

Dentro del segundo grupo podemos hacer la siguiente subdivisión:

- a) Aditivos auxiliares tecnológicos
- b) Promotores del rendimiento
- c) Aditivos organolépticos
- d) Enzimas, probióticos y prebióticos
- e) Sustancias profilácticas (coccidiostatos, desparasitantes, tranquilizantes)

Lamentablemente, la adición de aditivos no esenciales es equiparada por una parte de la sociedad (incluso por nutriólogos para humanos) como “hormonas”, especialmente al tratarse de los promotores del crecimiento, y despiertan una visión de horror. Esta es un área donde se debe trabajar bastante para quitar dichas falsas ideas. A partir de lo anterior, se han ido introduciendo poco a poco los famosos “productos orgánicos”, especialmente pollo “orgánico, natural o ecológico”.

Las categorías de las sustancias auxiliares tecnológicas son bastante amplias y comprenden entre otros:

- ❖ Antioxidantes: son sustancias que protegen a los componentes de los alimentos, como grasas insaturadas (PUFA), vitamina A, carotenoides y antioxidantes naturales, como vitaminas E y C, de una rancidez oxidativa (ETQ, BHT, BHA, TBHQ; éstos a una dosis de hasta 150 ppm en alimentos balanceados; harinas de pescado 400 g/ton, grasas o aceites 500 g/ton).
- ❖ Agentes de conservación (fungicidas) y bactericidas, especialmente contra *Salmonella*. Los agentes de conservación líquidos y en polvo, también llamados fungicidas, se emplean para prolongar la vida de almacenamiento de materias primas (p.ej. tratamiento de granos) y alimentos terminados. Estos protegen de una descomposición microbiana. Dosis comunes: ácido propiónico, 0.3%; ácido fórmico, 3% en sustitutos de leche; ácido sórbico, 0.05-0.15%; ácido fumárico, 0.5% en cerdos; ácido cítrico 0.5% en cerdos; violeta de genciana
- ❖ Agentes de peletización: se adicionan para reducir la fricción en los dados de la peletizadora, así como para mejorar la integridad o firmeza de los pellets o comprimidos, ésta expresada como índice de durabilidad del pellet (lignosulfonatos hasta 3%, bentonita hasta 3%, sepiolita, carboximetilcelulosa a una dosis de 0.3%, polimetilcarbamida a una dosis de 0.25% (alimentos para bovinos).
- ❖ Fluidificantes o antiapelmazantes: Deben aumentar las propiedades de fluidez (reducción del ángulo de reposo) y mezclado; se adicionan a alimentos o ingredientes higroscópicos o que tienden a apelmazarse, p.ej. sustitutos de leche, mezclas con urea, cloruro de colina. Productos comunes son dióxido de silicio, perlita, vermiculita, entre otros.
- ❖ Emulsionantes para la obtención y estabilización de emulsiones, como la dispersión de las grasas en sustitutos de leche (lecitina a una dosis de 1%, que además favorece la digestión de la grasa, mono y dioleatos). Además de los emulsionantes existe un grupo denominado estabilizantes, cuya función principal es, p. ej. en sustitutos de leche, evitar una rápida separación de los componentes no solubles en la bebida (carragenina).

- ❖ Tensioactivos o surfactantes (p.ej. en melaza)
- ❖ Destoxificantes como los adsorbentes de micotoxinas y adsorbentes de agua como sulfato de aluminio en mezclas minerales para bovinos (máx. 5%); carbón activado para la adsorción de plaguicidas de los granos. Aquí podríamos incluir también los extractos de *Yucca schidigera* para la adsorción de amoníaco, especialmente importante en sistemas de confinamiento cerrado.
- ❖ Reguladores del valor pH (bufferizantes, como bicarbonato de sodio, sesquicarbonato de sodio; además, acidificantes de la orina, como cloruro de amonio, para evitar la urolitiasis en ovinos por cálculos de estruvita). Otro producto que podríamos incluir en este grupo es el hidróxido de sodio para el tratamiento (hidrólisis) de pajas y rastrojos.
- ❖ Auxiliares para ensilado: Para mejorar el proceso de fermentación, especialmente en la fase inicial del mismo, así como también la calidad del ensilaje. En resumen, los auxiliares para ensilado deben mejorar las condiciones para un proceso rápido de fermentación y en general estabilizar el ensilado (ácidos orgánicos como propiónico y fórmico, a razón de 0.4-0.6%; celulasas, microorganismos acidolácticos, etc.).
- ❖ Auxiliares para el rolado de granos.
- ❖ Aglutinantes de polvos: Muy utilizados en la fabricación de premezclas de vitaminas y minerales y microconcentrados (aceite mineral).
- ❖ Agentes para la protección de proteínas (proteínas de bypass): Para incrementar la proporción de proteína de sobrepaso, es decir, reducción de la degradabilidad de proteínas en el rumen y facilitar la digestión enzimática de las mismas en abomaso e intestino delgado. A este grupo pertenecen taninos, formaldehído, glicoxal y glutaraldehído; dosis de p.ej. formaldehído  $\Rightarrow$  3-5 g por cada 100 g de proteína.
- ❖ Microtrazadores: Partículas de hierro con color para la identificación de ingredientes o alimentos, así como para pruebas de mezclado.

Promotores del rendimiento, aditivos que promueven el crecimiento, postura, producción de leche y trabajo.

- ❖ Antibióticos (avilamicina, bacitracina, flavofosfolipol, virginiamicina, ionóforos, avoparcina, tilosina, espiramicina, etc.)
- ❖ Quimiobióticos: son compuestos químicos con propiedades bactericidas o bacteriostáticas similares a las de los antibióticos (carbadox, olaquinox, arsenicales, sulfonamidas, furazolidona).
- ❖ Hormonales (MGA como supresor de celos en ganado bovino; somatotropina en cerdos, que por el momento sólo se administra en forma inyectable).
- ❖ Agentes de modulación o repartición, también llamados  $\beta$ -agonistas o  $\beta$ -adrenérgicos agonistas (ractopamina en cerdos y ganado bovino de engorda; zilpaterol en ganado bovino de engorda; clenbuterol, que está prohibido en México). Estos productos se utilizan en la fase final de engorda.
- ❖ Ácidos orgánicos: Con diferentes ácidos orgánicos como fumárico, propiónico, cítrico, fórmico, sórbico, málico, tartárico y sus sales de calcio y sodio, se han demostrado efectos positivos sobre parámetros productivos, independientemente de su acción como fungicidas o bactericidas.
- ❖ Otros (sulfato de cobre)

Aditivos organolépticos:

- ❖ Carotenoides para la pigmentación de la yema de huevo y de la piel del pollo (dosis hasta 80 ppm en pollo), así como para la coloración de la musculatura del salmón y trucha. Los productos más utilizados son los carotenoides C-40, donde tenemos los dihidroxipigmentos luteína y zeaxantina, así como los compuestos dicetónicos cantaxantina y astaxantina y los apo-carotenoides éster C-30 y citranaxantina.

- ❖ Colorantes para la pigmentación de alimentos para perros y gatos, premezclas minerales, alimentos para humanos destinados para consumo pecuario, p.ej. leche en polvo. En mezclas minerales es muy común emplear óxido férrico como colorante.
- ❖ Aromatizantes, saborizantes y otras sustancias estimulantes del consumo de alimento, es decir, para mejorar su palatabilidad. Productos naturales o los correspondientes sintéticos, que no deben afectar negativamente la salud de los animales o los productos obtenidos de ellos, p.ej. sacarina en lechones (máx. 150 ppm).
- ❖ Aditivos botánicos como extractos herbáceos y aceites etéreos (esencias): Constituyentes vegetales biológicamente activos como terpenoides, compuestos fenólicos, glucósidos y alcaloides, extraídos de p.ej. ajo (alicina), orégano (carvacrol), aceite de orégano (que además posee un efecto carminativo), canela (aldehído cinámico), mostaza (alilisotiocianato). Se ha visto que estas sustancias estimulan enzimas endógenas del tracto digestivo, actúan como antioxidantes, agentes antimicrobianos, inmunomoduladores, etc. Existe un producto patentado en el mercado llamado Crina (aceites etéreos).

### Enzimas

Las enzimas anteriormente llamadas fermentos son catalizadores biológicos del metabolismo en el organismo. Químicamente pertenecen al grupo de las proteínas, que además del componente proteínico (apoenzima) contienen una coenzima, que puede ser una vitamina o mineral traza. La adición de enzimas a los alimentos se justifica ampliamente con los siguientes fundamentos:

- ❖ Aprovechamiento de componentes del alimento para los cuales no existen enzimas corporales propias (p.ej., fitasa en monogástricos).
- ❖ Reducción de efectos antinutricionales de determinados componentes del alimento (p.ej. para reducir la viscosidad por polisacáridos no estructurales, mediante glucanasas y xilanasas).
- ❖ Reposición o complemento de una capacidad enzimática insuficiente (insuficiencia pancreática ⇒ reposición; en lechones, adición de amilasas, proteasas y lipasas).
- ❖ Destrucción de alérgenos (β-mananasa).

Por otro lado, según el Prof. M. Kirchgessner, existen planteamientos tales que, mediante la inclusión en el alimento de inhibidores enzimáticos específicos, se obtienen efectos en el proceso de digestión, que finalmente influyen de manera dirigida el metabolismo intermedio. Como ejemplo se mencionan determinados inhibidores de β-glucosidasas, que prolongan la degradación intestinal de carbohidratos, con lo cual se reduce el aumento de la glucosa sanguínea y de la secreción de insulina. Dado que la insulina fomenta fuertemente la síntesis de grasa, se puede inferir, partiendo de dicho principio, una deposición de grasa disminuida. El uso de tales medidas en la práctica está limitado a que la digestibilidad de los nutrientes en total no se vea afectada notablemente y que la energía no utilizada para la formación de grasa conduzca a una síntesis de proteína adicional. En la nutrición humana, sin embargo, la inhibición de la digestión de carbohidratos podría ser de interés sólo en conjunción con diabetes mellitus u obesidad.

### Probióticos y prebióticos

Con la adición de determinados cultivos de microorganismos o de sus formas resistentes (esporas) se pretende una estabilización de la flora intestinal (inhibición de organismos enteropatógenos, fomento de bacterias deseables ⇒ exclusión competitiva), con el fin de evitar, especialmente en lactantes (lechones, becerros) y pollitos, una disbiosis intestinal frecuente (y con ello alteraciones digestivas). Con la inclusión de probióticos, además de evitar problemas como una colibacilosis, se esperan mejores ganancias de peso y mejores conversiones alimenticias. En la práctica se adicionan bacterias acidolácticas: *Bacillus toyoi*

(*Tyrococcus*), *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus faecium*, *Aspergillus oryzae*, y levaduras *Saccharomyces cerevisiae*.

Los cultivos de microorganismos que restauran el balance microbiano en el intestino deben tener las siguientes características: ser habitantes normales del tracto digestivo, ser de rápida multiplicación para poder competir, capaces de producir sustancias antimicrobianas como ácido láctico y acidofilinas y poseer alta viabilidad en el producto comercial.

Existe otro grupo de productos denominados prebióticos. Estos son sustancias o componentes que no pueden ser digeridos por enzimas propias del organismo; sin embargo, sirven de sustrato a bacterias deseables del tracto digestivo (p.ej., lactulosa, fructo y oligosacáridos) y así tienen también un efecto estabilizante sobre la flora intestinal, incluso hasta la eliminación de microorganismos indeseables como *Salmonella*. Es importante además incluir en este grupo a los inmunoestimulantes como los oligosacáridos (mananooligosacáridos,  $\beta$ -1,3/1,6-glucano, lipopolisacáridos).

#### Substancias profilácticas

- ❖ Antibióticos convencionales en dosis “nutricionales” (oxitetraciclina, clortetraciclina); la adición de estos productos debiera ser siempre bajo prescripción o supervisión médica, o bien según las normas oficiales vigentes. Sugiero consultar el Feed Additive Compendium de los EEUU.
- ❖ Larvicidas orales (p.ej. Rabon, Metopreno para ganado, Larvadex para aves).
- ❖ Desparasitantes, antihelmínticos o vermífugos orales (mebendazol, oxicendazol, etc.).
- ❖ Coccidiostatos para pollos, conejos, corderos, becerros, etc. e histomonostáticos en pavos
- ❖ Tranquilizantes y analgésicos, que son sustancias con efecto sedativo y pueden tener importancia práctica al transportar animales para reducir los efectos del estrés: como aspirina, diazepam, tiroidostáticos, reserpina, etc. En aves pueden incluso reducir el canibalismo y la histeria.
- ❖ Antitímpanicos como poloxaleno: Realmente éste es un surfactante de origen orgánico, que reduce la tensión superficial de la burbujas atrapadas en el rumen, causando que éstas se rompan y se libere el gas contenido en ellas, evitando, así, este tipo de tímpanismo en rumiantes, p.ej en pastoreo en alfalfa.

#### Importancia de los aditivos en la producción animal

Con el propósito de cubrir las demandas nutricionales de la exponencialmente creciente población, la producción agropecuaria debe intensificarse constantemente. En la alimentación de la población mundial es necesaria en la dieta una porción determinada de proteínas de origen animal (carne, leche, huevo y pescado) para cubrir las necesidades de aminoácidos esenciales no aportados por alimentos vegetales. De la producción animal intensiva se obtiene más proteína animal a un precio más al alcance del bolsillo de los consumidores. Además de la genética, manejo y alimentación, el uso estratégico y específico de aditivos valiosos ha contribuido al incremento en la producción de productos pecuarios para consumo humano. Además de la cantidad de alimentos de origen animal producida, es importante su calidad o valor nutricional, ya que con llenar el estómago de la gente no es suficiente. En este campo los aditivos juegan un papel central. Nuestros animales domésticos actuales no podrían tener sus elevados rendimientos sin el uso apropiado de aditivos. Muchos de estos aditivos son idénticos a los encontrados en la naturaleza. Con respecto a la nutrición, realmente no existe contraposición entre naturaleza y química.

Independientemente de la importancia de los aditivos para la producción pecuaria, éstos deben ser seguros para el consumidor final (gente), personal que los maneja en la planta de

alimentos (cuidar la formación de polvo), animales que los consumen y para el medio ambiente vía excretas, incluyendo seguridad para la vida silvestre, suelo, cultivos, etc.

### **Consideraciones técnicas en la formulación de premezclas**

- ❖ La sustancia activa, principio activo o activos: Componente de un preparado que ejerce un efecto, p.ej. la sustancia activa del bisulfito sódico de menadiona es la menadiona o vitamina K<sub>3</sub>.
- ❖ La concentración, potencia, pureza o actividad es la proporción de sustancia activa que se encuentra en el producto comercial, p.ej. biotina al 2%. El factor de concentración es muy importante en la formulación de premezclas.
- ❖ Vale la pena en este caso preguntarnos qué significa ppm (partes por millón) y ppb (partes por billón). 1 ppm = 1 mg/kg o 1 g/ton = 0.0001%; 1 ppb = 1 µg/kg o 1 mg/ton; ppt (partes por trillón) = 1 µg/ton.
- ❖ La estabilidad de los aditivos también debe considerarse en la formulación, incluso sobredosificando productos menos estables para compensar pérdidas durante el proceso, p.ej. el peletizado, mezclado y por factores ambientales.
- ❖ Aspectos físico-químicos como fluidez, polvosidad, color, oxidación, preservación, también son puntos técnicos a considerar en la formulación de microingredientes.
- ❖ La dosis de aditivos puede ser p.ej. en g por tonelada de alimento, o bien en mg diarios por animal. Por lo anterior, es imprescindible conocer el consumo diario de alimento balanceado o del producto terminado que se esté ofreciendo como suplemento, sal mineralizada a libre acceso, bloques minerales o proteínicos para lamer. Los animales deben consumir la cantidad precisa del aditivo correspondiente, sobre todo si se trata de sustancias profilácticas, promotores del rendimiento y otros de manejo delicado.
- ❖ En el caso de los coccidiostatos, debemos tomar en cuenta si son compatibles con otros antimicrobianos, como la combinación ionóforo con tiamulina en pollo de engorda. También si éstos son tóxicos para otras aves, como salinomina en pavos, o tienen efectos indeseables, como la nicarbazina, que ocasiona manchas en la yema de huevo, clara de huevo acuosa, decoloración de cascarón en huevos marrón, baja de postura.

### **Manejo de aditivos en la planta de producción**

Los aditivos son generalmente productos bastante caros, sobre todo con base en la sustancia activa; son altamente potentes y son de manejo delicado.

Independientemente que los aditivos sean considerados como inocuos para los operadores de plantas de alimentos, es altamente recomendable el uso de mascarillas antipolvo, lentes de seguridad, ropa protectora y guantes.

Primeramente se debe tener un control de los productos mediante formatos específicos (que también sirven para el control de inventarios) desde la recepción de los mismos. Por lo tanto, deben incluirse las siguientes rutinas desde el inicio:

- ❖ Verificar y confirmar con la orden de compra la cantidad de producto recibida, presentación (sacos, cuñetes, cajas, etc.) y su contenido neto.
- ❖ Revisar el envase, debe estar en buenas condiciones y bien identificado. Debe traer etiqueta con nombre comercial del producto, contenido de sustancia activa, número de lote, fecha de caducidad y datos del proveedor y productor, entre otros. Los envases rotos deben ser sellados inmediatamente para evitar el derrame (\$) o contaminación del producto.
- ❖ Es conveniente muestrear el producto y al momento hacer una evaluación del aspecto físico del mismo (color, olor, granulometría, presencia de grumos), incluso se

puede comparar con muestras de lotes anteriores y observar posibles variaciones; analizar según programa y conservar muestra de retención.

- ❖ Liberar este producto para su uso cuando se esté seguro que se han agotado todos los lotes anteriores. Por ningún motivo colocar el producto nuevo sobre embarques anteriores.
- ❖ Cerrar correctamente el envase después de tomar una cantidad parcial de producto. Esto ayuda a mantener sus propiedades físico-químicas.
- ❖ Almacenar ordenadamente en lugar fresco, seco, ventilado, sobre tarimas (o racks), despegado de paredes y protegido de la luz.

#### **Elaboración de premezclas o mezclas de microingredientes.**

- ❖ Primeramente partimos, para fines prácticos, de que si un ingrediente en polvo va en una cantidad menor que 2 kg por tonelada (0.2%) se debe premezclar, antes de incorporarse al alimento terminado.
- ❖ Los productos que se incluyen en cantidades extremadamente bajas, deben ser premezclados en forma individual antes de la elaboración de la premezcla final. Tal es el caso del selenio, cobalto, yodo, algunos antibióticos, entre otros.
- ❖ Analizar la orden de producción: Los nombres de los productos de dicha orden deben corresponder a los indicados en sus etiquetas, independientemente de confirmar el principio activo.
- ❖ Pesar los productos en áreas bien iluminadas; cuando se trate de pequeñas cantidades, sobre mesas a altura de trabajo, utilizando básculas de precisión y bien limpias. Si se utiliza un recipiente para el pesaje, éste debe estar completamente limpio, para evitar contaminaciones por residuos.
- ❖ Es aconsejable utilizar un excipiente o vehículo (“carrier”, acemite de trigo, harina de olote de maíz, cascarilla de arroz, carbonato de calcio, etc.) en la elaboración de premezclas de aditivos. En algunas mezclas de microingredientes algún componente puede hacer la función de vehículo, como el mismo carbonato de calcio, bicarbonato de sodio, sal común fina y seca, ortofosfato, etc. Es importante adicionar primero parte del vehículo (por lo menos 2/3), que sirve como colchón para recibir el resto de los microingredientes. Estos deben ser incluidos con gran precisión, lo más directamente posible en la mezcladora y evitando dejar residuos en el equipo dosificador y/o de transporte. Debemos asegurarnos que los productos de riesgo estén bien dosificados y adicionados en un orden de mezclado que permita su inclusión completa.
- ❖ Para el mezclado de aditivos o microingredientes, no confundir entre una micromezcladora y una mezcladora de microingredientes. La mezcladora de microingredientes no tiene que ser una micromezcladora (máquina pequeña). Existe una gran variedad de mezcladoras de microingredientes: horizontales de listones o paletas, verticales, de pantalón, de reja de arado, de tambor, etc.. Las horizontales de listones con descarga completa al fondo dan buenos resultados. La mezcladora debe estar aterrizada para reducir las cargas electrostáticas. Es importante definir en este punto el orden de adición de ingredientes, capacidad de llenado o volumen útil de la mezcladora, revoluciones por minuto del órgano mezclador y tiempo óptimo de mezclado, obtenido mediante pruebas de mezclado. También se debe revisar el funcionamiento y estado general de la mezcladora: limpieza, rotación correcta, espacio entre el fondo de la artesa y la cresta del listón exterior, observar si la mezcla se carga hacia un lado, desgaste de listones, entre otros.
- ❖ Cuando se estén diluyendo productos concentrados de manejo delicado, como selenito de sodio, carbadox, roxarsona, nicarbazina, es importante hacer un barrido o “flushing” al final de la tarea con p.ej. sorgo molido, carbonato de calcio, salvado de trigo, además de limpiar la máquina y equipo en general antes de elaborar otro tipo de mezcla.

- ❖ En plantas donde se elaboren productos para diferentes especies, se debe programar un orden de fabricación y limpiar bien las máquinas al cambiar de tipo de producto. De todas formas es recomendable tener equipos de mezclado específicos para cada línea de productos, p.ej. ganado bovino (que generalmente contienen urea, monensina), cerdos, aves, productos enmelazados como sales mineralizadas.

Las referencias bibliográficas de la literatura consultada están disponibles con el autor. En caso de requerirlas, favor de solicitarlas.