



300027
15
22

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
Incorporada a la U. N. A. M.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**“EVALUACION DE HOMOGENEIDAD DE MEZCLADO
EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS DE USO
PECUARIO MEDIANTE DIFERENTES
INDICADORES.”**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A**

PAMELA KATTHAIN ALARCON



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pág.
I INTRODUCCION.	1
II OBJETIVO	2
III GENERALIDADES	3
3.1. La alimentación de las aves y el ganado.	3
3.1.1. Composición de un alimento balanceado de uso pecuario.	3
3.1.1.1. Macroingredientes.	4
3.1.1.2. Microingredientes.	6
3.1.1.2.1. Minerales.	6
3.1.1.2.2. Vitaminas.	9
3.1.1.2.3. Aditivos.	13
3.2. Aspectos relacionados con la función de los minerales en animales de uso pecuario.	13
3.2.1. Minerales.	14
3.2.1.1. Estructurales.	14
3.2.1.1.1. Calcio y Fósforo.	14
3.2.1.1.2. Magnesio.	15
3.2.1.2. Electrolíticos.	16
3.2.1.2.1. Sodio.	16
3.2.1.2.2. Potasio.	17
3.2.1.2.3. Cloro.	18
3.2.1.3. Catalíticos.	18
3.2.1.3.1. Azufre.	18
3.2.1.3.2. Hierro.	19
3.2.1.3.3. Manganeseo.	20
3.2.1.3.4. Cinc.	21
3.2.1.3.5. Cobre.	22
3.2.1.3.6. Yodo.	23

	Pág.
3.2.1.3.7. Selenio.	24
3.2.1.3.8. Cobalto.	25
3.3. Mezclado.	25
3.3.1. Objetivo del mezclado en alimentos de uso pecuario.	31
3.3.2. Tipo de mezcladoras que se utilizan en la industria de uso pecuario.	32
3.3.2.1. Mezcladoras horizontales.	33
3.3.2.1.1. Mezcladora de listones.	33
3.3.2.1.2. Mezcladora de paletas.	33
3.3.2.1.3. Mezcladora de tambor.	33
3.3.2.2. Mezcladoras verticales.	33
3.3.2.2.1. Mezcladora de pantalones.	34
3.3.2.2.2. Mezcladora de helicoidal.	34
3.3.2.2.3. Mezcladora de cono.	34
3.3.3. Factores que afectan el mezclado tanto en alimento terminado como premezclas.	38
3.3.3.1. Propiedades físicas y químicas de los ingredientes.	38
3.3.3.1.1. Tamaño y forma de la partícula.	38
3.3.3.1.2. Peso específico o densidad.	40
3.3.3.1.3. Higroscopicidad.	40
3.3.3.1.4. Susceptibilidad a la carga electrostática.	40
3.3.3.1.5. Características adhesivas.	43
3.3.3.2. Orden de adición de los ingredientes a la mezcla.	43
3.3.3.3. Diseño del equipo mezclador.	45
3.3.3.4. Tiempo óptimo de mezclado.	46
3.3.3.4.1. Evaluación del tiempo óptimo de mezclado.	46
3.3.3.4.1.1. Indicadores físicos.	51
3.3.3.4.1.2. Indicadores cuantitativos.	51
3.3.3.4.1.2.1. Directos.	52
3.3.3.4.1.2.2. Indirectos.	52
Sal. (NaCl)	52
Micro-rastreadores.	53

Micro-rastreadores F.	53
Micro-rastreadores de doble potencia RF-Se.	53
3.3.3.4.2. Evaluación estadística.	54
IV MATERIAL	55
4.1. Alimento terminado.	55
4.2. Premezcla de minerales.	58
4.3. Premezcla de selenio.	59
V METODOLOGIA	64
5.1. Análisis químico.	64
5.1.1. Micro-rastreadores.	64
5.1.2. Proteína y Cenizas.	66
5.1.3. Sal. (NaCl)	66
5.1.4. Minerales.	67
5.1.4.1. Calcio.	69
5.1.4.2. Cobre.	70
5.1.4.3. Zinc.	70
5.1.4.4. Manganeso.	71
5.1.4.5. Selenio.	71
5.1.4.6. Fósforo.	72
5.1.4.7. Zinc (como materia prima)	73
5.2. Análisis físico.	74
5.2.1. Densidad relativa.	74
5.2.2. Tamaño de partícula.	74
5.3. Análisis estadístico.	75
VI ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSION	77
6.1. Alimento terminado.	77
6.2. Premezcla de minerales.	97

	Pág.
6.3. Premezcla de selenio.	112
VII CONCLUSIONES	127
VIII APENDICE	128
IX BIBLIOGRAFIA	131

C U A D R O S

	Pág.
I Algunos de los principales ingredientes que se utilizan como fuente de energía en un alimento.	5
II Algunos de los principales ingredientes que se utilizan como fuente de proteína para la alimentación pecuaria.	7
III Algunos de los ingredientes y elementos que se usan en pequeñas - cantidades para formar un alimento balanceado.	8
IV Porcentaje y disponibilidad biológica de elementos minerales en com- puestos comunmente usados en suplementos minerales.	10
V Porcentaje de vitaminas presentes en algunos alimentos utilizados - para la alimentación de uso pecuario.	12
VI Requerimientos de minerales para aves en iniciación, crecimiento, - puesta y reproducción.	26
VII Requerimientos de minerales para pollos de engorda.	27
VIII Requerimientos de minerales para cerdos en desarrollo.	28
IX Requerimientos de minerales para cerdos en reproducción.	29
X Requerimientos sugeridos de minerales para rumiantes.	30
XI Densidades aparentes de los principales ingredientes de un alimento balanceado.	41

FIGURAS

		Pág.
1	Mezcladora horizontal de listones.	35
2	Mezcladora horizontal de paletas.	35
3	Mezcladora horizontal de tambor.	35
4	Mezcladora vertical de pantalones.	36
5	Mezcladora vertical helicoidal.	36
6	Mezcladora vertical de cono.	36
7	Flujo de las partículas en una mezcladora horizontal de listones.	37
8	Flujo de las partículas en una mezcladora horizontal de paletas.	37
9	Flujo de las partículas en una mezcladora vertical helicoidal.	37
10	Efecto de tamaño, número y forma de las partículas en el mezclado.	39
11	Evaluación del tiempo óptimo de mezclado con 4 indicadores.	42
12	Efecto sobre el coeficiente de variación al agregar 2% de grasa para mejorar el mezclado de harina de soya y carbonato de calcio (95:5).	44
13	Efecto sobre el coeficiente de variación en acúmulos de melazas-alimento en mezcladora de paletas.	47
14	Efecto sobre el coeficiente de variación en el desgaste de los listones.	48
15	Efecto del coeficiente de variación sobre las revoluciones por minuto de la mezcladora.	49
16	Efecto del coeficiente de variación sobre la cantidad de mezcla que se agrega en una mezcladora de 4 ton.	50
17	Posiciones donde se tomaron las muestras a diferentes tiempos en las premezclas de minerales y selenio.	63

INTRODUCCION

Los productos de origen animal como la carne, huevo, leche y sus derivados, forman una parte importante en la dieta del ser humano, ya que contienen nutrimentos como los aminoácidos esenciales que no puede sintetizar y la ausencia de ellos conduce a trastornos patológicos. Debido a la importancia de estos productos para el hombre es preciso tomar especial atención al desarrollo de la Avicultura y la Ganadería.

Para alcanzar buenos rendimientos en Avicultura y Ganadería, es necesario proporcionar a los animales una alimentación adecuada; sin embargo, para ello la manufactura de alimentos de uso pecuario se ha enfrentado a diversos problemas, pues un solo tipo de alimento no es capaz de proporcionar todos los nutrimentos necesarios para el requerimiento del animal, implicando ésto, mezclar grandes volúmenes de diversos ingredientes en cantidades muy distintas (desde kilogramos hasta miligramos) para así formar un alimento completo que represente una dieta balanceada. Además, durante su elaboración es necesario que los ingredientes se distribuyan homogéneamente para cuando un animal pequeño como un pollito de 7 días que consume una ración de 10 gramos de alimento al día, contenga ésta las cantidades adecuadas de nutrimentos y medicamentos para que realice sus funciones satisfactoriamente y no el exceso o la ausencia de alguno de ellos ocasionen trastornos patológicos y/o pérdidas económicas.

Debido a ésto y con finalidad netamente de coadyuvar en los procedimientos de homogeneidad de mezclado en productos elaborados en la industria de uso pecuario, este trabajo se ha fijado el siguiente objetivo.

OBJETIVO

Establecer el indicador más preciso y funcional para evaluar la homogeneidad de ¹⁵mezclado en productos alimenticios de uso pecuario y determinar a través de el mismo los tiempos óptimos de mezclado.

GENERALIDADES

3.1. LA ALIMENTACION DE LAS AVES Y EL GANADO.

Debido a la importancia de los productos pecuarios para el hombre, la industria de productos alimenticios de uso pecuario en México ha desarrollado un notable crecimiento, esto se demuestra en la situación socio-económica de la misma, donde 108 plantas con capacidad de producir 7'540,000 ton de alimento e invirtiendo 39 mil millones de pesos, elaboraron 3'720,000 ton de alimento en 1987, distribuyendo su producción de la siguiente manera (22):

2'045,000 toneladas en aves
980,000 toneladas en cerdos
555,000 toneladas en bovinos
160,000 toneladas en otro productos

Como se puede observar, el valor económico de este sector es muy importante.

La producción animal se apoya en diversas ciencias que le permiten obtener animales sanos y con altos rendimientos. De ellas encontramos como principales a la Genética, la Reproducción, la Alimentación, la Nutrición, el Manejo, la Sanidad y la Economía. De las anteriores la ALIMENTACION y la NUTRICION son de las mas importantes, ya que por una parte, el alimento debe contener todos los nutrimentos necesarios (agua, proteínas, glúcidos, lípidos, minerales y vitaminas) en cantidades adecuadas para que realice sus funciones de crecimiento y producción, reflejándose la buena utilización de éstos en la calidad de los productos pecuarios y por otro lado, son importantes desde un punto de vista económico, ya que diversos autores han indicado que el alimento del animal representa de 60 a 85% del costo total de producción (44).

Para aprovechar al máximo la ALIMENTACION y la NUTRICION, es necesario conocer perfectamente la composición química de los alimentos y los requerimientos nutricionales de los animales.

3.1.1. Composición de un alimento balanceado de uso pecuario.

Cada alimento por separado no contiene usualmente todos los nutrientes necesarios para cubrir los requerimientos de los animales. Para ello, se requiere que tanto el productor como el fabricante de alimentos de uso pecuario maneje diversos ingredientes en muy distintas proporciones, de tal manera que forme un alimento completo que represente una dieta balanceada.

Los diferentes ingredientes que forman un alimento balanceado van a depender de varios factores, siendo éstos mencionados a continuación (20):

- a). De los requerimientos de la especie animal a alimentar.
- b). De la edad y funciones que vaya a realizar el animal.
- c). Del nivel de producción.
- d). De las formas y concentraciones en las que se encuentran los componentes en el alimento.
- e). De las condiciones ambientales donde se ubica el animal.
- f). De la época del año.
- g). Del precio de los diferentes ingredientes, etc.

Sin embargo, en general los ingredientes se clasifican por su participación cuantitativa y su predominante aporte nutricional agrupando a dichos ingredientes en dos grandes grupos: Macroingredientes y Microingredientes (33).

3.1.1.1. Macroingredientes.

Los macroingredientes en conjunto representan aproximadamente 85 a 95% del alimento terminado, cumpliendo aportes nutricionales de energía y proteína principalmente (33).

Los ingredientes que proporcionan energía son fuentes de carbohidratos, grasas, aceites y otros. Los primeros son los más utilizados debido a su bajo costo, siendo los más usados los cereales, sus subproductos y las melazas (2) (33). Los principales ingredientes que participan dentro de esta clasificación se indican en el cuadro 1.

Las fuentes de proteínas son de gran importancia para la alimentación de los animales, ya que desempeñan funciones vitales. Las principales son: participar en la estructuración de todas las células y tejidos, así como en la composición de todas las enzimas y anticuerpos y en casi todas las hormo-

CUADRO I

ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES QUE SE UTILIZAN COMO FUENTE DE ENERGIA EN UN ALIMENTO DE USO PECUARIO.

<u>CEREALES</u> (33)	<u>ACEITES Y GRASAS</u> (2)	<u>SUBPRODUCTOS DE LA IND. AZUCARERA</u> (2) (13)	<u>O T R O S</u> (2) (33)
Sorgo Maíz Avena Cebada Arroz Centeno Triticale etc. Subproductos de éstos de molienda.	<p>Aceite de oleoginosas</p> <p>Grasas de origen animal</p> <p>grasa vegetal y animal hidrolizada</p> <p>Tortas de oleoginosas, etc.</p>	<p>Melazas de caña</p> <p>Bagazo de caña</p> <p>Melazas de remolacha.</p> <p>Pulpa de remolacha.</p> <p>Melazas de cítricos, etc.</p>	<p>Tapioca, desperdicio de la industria panadera, etc.</p>

nas (13). Los ingredientes que son fuentes de proteínas son de origen animal y vegetal, de subproductos de destilería y fermentación. Algunos de estos ingredientes se describen en el cuadro II.

3.1.1.2. Microingredientes.

En la mayoría de los casos una mezcla de los ingredientes dichos anteriormente, no satisface los requerimientos nutricionales del animal, por lo que se adicionan al alimento pequeñas cantidades de ciertos nutrimentos y aditivos. Estos representan de 10 a 15% del alimento terminado y tiene como objetivo completar la dieta balanceada, mejorar las funciones y rendimientos de los animales, así como también la calidad del alimento (2) (33).

Dentro de los microingredientes se encuentran minerales, vitaminas, algunos aminoácidos y aditivos, describiéndose los mas importantes en el cuadro III.

3.1.1.2.1. Minerales.

Los compuestos inorgánicos denominados minerales juegan un papel importante en las funciones vitales del organismo animal. Las cantidades de éstos en el alimento no satisfacen los requerimientos nutricionales, esto se debe a que el alimento se encuentra en cantidades variables o bien en forma indisponible para el animal. Para compensar este déficit en el alimento se agregan tanto macrominerales como microminerales (7) (28).

Los macrominerales son aquellos minerales que requiere el animal en concentraciones mayores de 0.1% en el alimento terminado. Dentro de éstos se hallan Calcio, Fósforo, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloro y Azufre (28). Generalmente éstos son agregados junto con los macroingredientes para formar el alimento terminado.

Los microminerales son aquellos minerales que requiere el animal en concentraciones de 0.05 a 0.1% en el alimento. Dentro de ellos se encuentran Hierro, Manganeseo, Cinc, Cobre, Yodo, Selenio y Cobalto (28). Estos minerales debido a sus pequeñas cantidades, es necesario previamente mezclarlos junto con un ingrediente apropiado con la finalidad de aumentar su volumen y facilitar su dispersión en la mezcla final.

En la actualidad también se utilizan los minerales trazas en forma de sales orgánicas (fumarato o lactato de hierro) o en unión de compuestos quelantes que se absorben con especial facilidad. Sustancias quelantes que

CUADRO II

ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES QUE SE UTILIZAN COMO FUENTE PROTEICA PARA LA ALIMENTACION PECUARIA.

<u>DE ORIGEN ANIMAL</u> (33)	<u>DE ORIGEN VEGETAL</u> (13)	<u>SUBPRODUCTOS DE DESTILACION Y FERMENTACION</u> (2)
<p>Harinas de:</p> <p>Pescado Carne Huesos Carne y huesos Sangre Pluma</p> <p>Subproductos de leche Subproductos avícolas (gallinasa), etc.</p>	<p><u>Pastas de:</u></p> <p>Cacahuete Soya Linaza</p> <p>Semillas de:</p> <p>Cártamo Ajonjolí Algodón Nabo, etc. Harina de alfalfa deshidratada, etc.</p>	<p>Pulpa de destilería</p> <p>Levadura Pulpa desecada de vinagre, etc.</p>

CUADRO III

ALGUNOS DE LOS INGREDIENTES Y ELEMENTOS QUE SE USAN EN PEQUEÑAS CANTIDADES PARA FORMAR UN ALIMENTO BALANCEADO (40)

N U T R I C I O S			ADITIVOS
<u>Macrominerales</u>	<u>Premezclas</u> Minerales trazas	<u>Vitaminas</u>	<u>Aminoácidos</u>
Calcio	Hierro	Liposolubles	DL-metionina
Fósforo	Manganeso	e hidrosolubles.	Lisina HCL
Magnesio	Cinc		Antimicrobianos
Potasio	Cobre		Aglomerantes
Sodio	Yodo		Pigmentos
Azufre	Cobalto		Amortiguadores del pH
Cloro	Selenio		Acidificantes
	Molibdeno		Coccidiostatos
			Saborizantes, etc.

se pueden emplear son tetracétato de etileno y/o metionina-cinc (20).

Se han visto que dependiendo de la especie animal a alimentar y de sus funciones a realizar son las cantidades de minerales que se le debe agregar al alimento. Es importante conocer las concentraciones de estos minerales en los macroingredientes ya que un exceso puede ocasionar intoxicaciones al animal (20).

En el cuadro IV se indican algunos de los compuestos tanto macro como microminerales que más se utilizan en la alimentación pecuaria.

3.1.1.2.2. Vitaminas.

Cada una de las diferentes vitaminas lleva a cabo varias funciones que son básicas en la regulación de diferentes procesos metabólicos del organismo. Cuando se presenta la deficiencia de una determinada vitamina, por lo general aparecen un grupo de síntomas característicos (13).

Las presiones económicas para producir un alimento balanceado son tales que las proteínas baratas e ingredientes ricos en energía como grasas, pastas de soya y tapioca deben ser escogidos como regla general, sin embargo éstos añaden poco contenido de vitaminas (41). En el cuadro V se muestra la deficiencia de ciertas vitaminas en algunos alimentos.

Las condiciones de la cosecha como la época, clima, almacenamiento; así como la presencia de otros ingredientes en el alimento y forma en como se procese éste, son factores que pueden reducir considerablemente los niveles vitamínicos. Con esto si se quiere mejorar la productividad animal es esencial proporcionar los niveles de vitaminas requeridos por éste en forma de suplementos (41).

Los suplementos de vitaminas van a depender también de la capacidad de los animales de sintetizar algunas de ellas en cantidades suficientes y además la tendencia de éstas a ser almacenadas en los tejidos (20) (44).

Los rumiantes son capaces de sintetizar las vitaminas K, C y todas las del complejo B, por lo que sólo se limita el aporte de las vitaminas A, E y durante la temporada invernal la D. En los cerdos y aves existen necesidades vitamínicas bastante más elevadas que en los rumiantes, debido a que las vitaminas del complejo B y vitamina K formadas en el intestino grueso sólo se absorben en proporciones muy limitadas, las vitaminas A, D y E se consumen del alimento (20) (44).

CUADRO IV

PORCENTAJE Y DISPONIBILIDAD BIOLÓGICA DE ELEMENTOS MINERALES
EN COMPUESTOS COMUNMENTE USADOS EN SUPLEMENTOS MINERALES
(23)

<u>Elemento</u>	<u>Compuesto Base</u>	<u>% del elemento en el compuesto</u>	<u>Disponibilidad biológica</u>
Calcio	Harina de hueso cocida	29.0 (23-37)	Alta
	Roca fosfática deflurina- nada.	29.2 (20-36)	Intermedia
	Carbonato de calcio	40.0	Intermedia
	Piedra caliza molida	38.5	Intermedia
	Piedra caliza dolomítica	22.3	Intermedia
	Fosfato monocalcico	16.2	Alta
	Fosfato tricalcico	31.0-34.0	- - -
	Fosfato dicalcico	23.0	Alta
	Fuentes de heno	- - -	Baja
Cobalto	Carbonato de cobalto	46-55	Pruebas críti- cas no hechas, sino compues- tos efectivos.
	Sulfato de cobalto	21.0	
	Cloruro de cobalto	24.7	
Cobre	Sulfato cúprico	25.0	Alta
	Carbonato cúprico	53.0	Intermedia
	Cloruro cúprico	37.2	Alta
	Oxido cúprico	80.0	Baja
	Nitrato cúprico	33.9	Intermedia
Yodo	Yodato de calcio	63.5	Disponible pero inestable
	Dihidro yoduro de eti- leno diamina	80.0	Alta
Hierro	Oxido ferroso	46.0-60.0	No disponible
	Sulfato ferroso	20.0-30.0	Alta

• • • •

<u>Elemento</u>	<u>Compuesto Base</u>	<u>% del elemento en el compuesto</u>	<u>Disponibilidad biológica</u>
	Carbonato ferroso	36.0-42.0	Baja
Magnesio	Carbonato de magnesio	21.0-28.0	Alta
	Cloruro de magnesio	12.0	Alta
	Oxido de magnesio	34.0-60.0	Alta
	Sulfato de magnesio	9.8-17.0	---
	Sulfato de potasio y magnesio	11.0	Alta
Manganeso	Sulfato de manganeso	27.0	Alta
	Oxido de manganeso	52.0-62.0	Alta
Fósforo	Roca fosfática defluorinada	13.3 (8.7-21.0)	Intermedia
	Fosfato cálcico	18.6-21.0	Alta
	Fosfato dicálcico	18.5	Intermedia
	Fosfato tricálcico	18.0	---
	Acido fosfórico	23.0-25.0	Alta
	Fosfato de sodio	21.0-25.0	Alta
	Fosfato de potasio	22.8	---
	Harina de hueso cocida	12.6 (8-18)	Alta
Potasio	Cloruro de potasio	50.0	Alta
	Sulfato de potasio	41.0	Alta
	Sulfato de potasio y magnesio	18.0	Alta
Selenio	Selenio de sodio	40.0	Alta
	Selenio de sodio	45.6	Alta
Azufre	Sulfato de calcio	12.0-20.1	Baja
	Sulfato de potasio	28.0	Alta
	Sulfato de potasio y magnesio	22.0	Alta
	Sulfato de sodio	10.0	Intermedia
	Sulfato de sodio anhídrido	22.0	---
Cinc	Carbonato de cinc	52.0	Alta
	Cloruro de cinc	48.0	Intermedia
	Sulfato de cinc	22.0-36.0	Alta
	Oxido de cinc	46.0-73.0	Alta
Sodio	Cloruro de sodio	39.33	Alta

CUADRO V

PORCENTAJE DE VITAMINAS PRESENTES EN ALGUNOS ALIMENTOS UTILIZADOS PARA LA ALIMENTACION DE USO PECUARIO

Ingredientes	<u>Tiamina</u> mg/kg	<u>Biotina</u> mg/kg	<u>Colina</u> mg/kg	<u>Acido</u> <u>Folico</u> mg/kg	<u>Niacina</u> mg/kg	<u>Acido</u> <u>Pantoténico</u> mg/kg	<u>Piridosina</u> mg/kg	<u>Riboflavina</u> mg/kg	<u>Vitamina</u> <u>B₁₂</u> mg/kg	<u>Vitamina</u> <u>E</u> mg/kg
Harina de pescado	0.2	0.13	3036	1.0	33	9.0	4.0	4.9	0.15	7.0
Maíz en grano	3.5	0.11	330	0.2	34	7.5	7.0	1.0	—	22.0
Melaza de remolacha	-	0.70	330	-	48	4.0	-	2.1	—	4.0
Salvado de maíz	8.0	0.10	980	1.8	321	31.0	7.0	3.1	—	16.8
Sorgo	4.0	0.09	678	0.2	41	12.0	3.2	1.1	—	12.0
Trigo	19.0	0.10	930	1.4	100	17.6	11.0	2.0	—	29.9

Es importante que al cubrir las necesidades de las distintas vitaminas, se tenga que tomar en consideración su relación en el metabolismo con otros nutrimentos alimenticios (20).

A consecuencia de las pequeñas cantidades de vitaminas que se tienen que adicionar por kg de alimento balanceado, se recomienda la suplementación de vitaminas en los alimentos balanceados por medio de premezclas vitamínicas. Estas pueden ser elaboradas por mezclas de vitaminas altamente concentradas.

Debido a que se agregan a la mezcla vitaminas liposolubles que son sensibles a la oxidación, es necesario agregar antioxidante a la misma con la finalidad de evitar alteraciones. Los antioxidantes que mas se usan pueden ser naturales y/o sintéticos (20).

Al primer grupo pertenece, entre otros:

- a). Tocoferol
- b). Acido ascórbico, etc.

y en el segundo se encuentran entre los mas usados:

- a). Butil-hidroxi-anisol (BHA)
- b). Butil-hidroxi-tolueno (BHT)
- c). Etoxiquina (ETQ), etc.

3.1.1.2.3. Aditivos.

Los aditivos se adicionan a los alimentos con objeto de mejorar en alguna forma la apariencia, vida en la bodega, proceso, aceptación, digestión, absorción o metabolismo de los alimentos, aunque en rigor, no son estrictamente esenciales para la nutrición animal (44).

3.2. ASPECTOS RELACIONADOS CON LA FUNCION DE LOS MINERALES EN ANIMALES DE USO PECUARIO.

Debido a que los minerales en pequeñas cantidades cumplen con diversas funciones que no pueden ser llevadas a cabo por otras sustancias y la ausencia de alguno de ellos en la alimentación animal conduce a trastornos

graves que pueden llegar a ocasionar la muerte junto con pérdidas económicas al ganadero y/o avicultor, es necesario describir sus recursos naturales, funciones más importantes, síntomas de deficiencia, requerimientos y suplementos de cada uno de ellos.

3.2.1. Minerales.

Los elementos minerales son compuestos inorgánicos que constituyen solamente de 2.3 a 6.4% del peso total del cuerpo de los animales, siendo éstos indispensables para numerosas y diversas actividades. De acuerdo a su función en el organismo animal los minerales se dividen en tres grupos: (44).

Es estructurales: Calcio, Fósforo y Magnesio.

Electrolíticos: Sodio, Potasio y Cloro.

Catalíticos: Azufre, Hierro, Manganeso, Cobre, Yodo, Selenio y Cobalto.

3.2.1.1. Estructurales.

3.2.1.1.1. Calcio, Fósforo (20) (44).

Recursos naturales: son ricos en Calcio las leguminosas, hojas de remolacha, harina de carne y pescado, así como la leche y subproductos de ella. Un elevado porcentaje de Fósforo exhiben los granos, semillas, salvados y harinas de carne y pescado. La cantidad de Calcio y Fósforo contenida en los vegetales depende de las cuantías de estas sales presentes en los suelos.

Aprovechamiento: la utilización de Calcio y Fósforo depende principalmente de los siguientes factores:

a). De la forma en la que se encuentren el Calcio y Fósforo en el alimento. El Calcio en las hojas de remolacha se halla en forma de oxalato de Calcio, los rumiantes solo aprovechan un 40-50% del Calcio. Los animales monogástricos menores cantidades. El Fósforo se encuentra en los cereales como ácido fítico, también difícil de utilizar por los animales monogástricos.

b).- La relación Calcio-Fósforo en el alimento. Un exceso de Calcio en relación al Fósforo pueden resultar problemas de deficiencia de Zinc y Fósforo. De la misma manera un exceso de Fósforo en la dieta interfiere en la absorción y metabolismo del Calcio.

c).- Ingestión de vitamina D. Cuando el aporte de esta vitamina es insuficiente, disminuye el aprovechamiento de Calcio y Fósforo.

Importancia fisiológica: El Calcio y Fósforo constituyen la fracción principal de los componentes inorgánicos de los huesos. Alrededor del 97% de Calcio y el 75% de Fósforo del organismo se hallan en el esqueleto. El resto del Calcio se encuentra en diversos tejidos del cuerpo en parte unido a proteína y en parte en forma ionizada. Esta última resulta importante para contracciones cardíacas, excitabilidad neuromuscular, así como coagulación de la sangre. El 25% del fósforo total forma parte esencial de las moléculas de los fosfolípidos, ácidos nucleicos, fosfoproteínas y coenzimas, útiles en diversos procesos metabólicos.

Síntomas de deficiencia: La carencia tanto de calcio como de fósforo conducen a los animales jóvenes al raquitismo y a los adultos a osteomalacia. Una deficiencia de calcio en las gallinas de postura se refleja en una producción de cascarón frágil.

Requerimiento: Las necesidades de calcio y fósforo dependen de la especie, edad, funciones a realizar y tipo de alimento. En general la relación calcio-fósforo es de 1.0-1.3:1.0 excepto en gallinas ponedoras y vacas lecheras, ambas en producción, requieren relaciones de 4-5:1.

Suplemento: Debido a que la cantidad de calcio y fósforo disponible en los vegetales no cubre las necesidades de los animales, es necesario suplementar al alimento con sales de calcio y fósforo de acuerdo a los requerimientos de cada especie.

3.2.1.1.2. Magnesio (16) (20) (44).

Recursos naturales: El magnesio se encuentra en todas las plantas verdes por ser el metal esencial de la clorofila, así como también en la piedra caliza. La cantidad de Magnesio presente en los vegetales depende de varios factores como la tasa de Magnesio existente en el suelo, pH y abono de potasio. Los suelos intensamente ácidos y cantidades considerables de potasio reduce el contenido de Magnesio en los vegetales.

Aprovechamiento: La utilización de magnesio depende de la presencia de otros elementos en el alimento. Un exceso de calcio y fósforo en la dieta causa una deficiencia en magnesio. Un contenido elevado de potasio en los forrajes inhiben la absorción y utilización del magnesio en el rumiante. En el caso de aves y cerdos niveles altos de proteínas en la dieta pueden

favorecer la formación de quelatos de magnesio que reducen el aprovechamiento intestinal del elemento.

Importancia fisiológica: El Magnesio es el tercer elemento en importancia cuantitativa para el organismo. El 75% del magnesio corporal se encuentra en los huesos, el resto en los tejidos blandos teniendo éste como funciones activar algunas enzimas (fosfatos orgánicos), mantener la integridad de las partículas celulares (ribosomas, mitocondrias, etc). Juega un papel importante en la biosíntesis de proteínas y en la contracción muscular tiene una función secundaria al calcio, ya que puede sustituirlo.

Síntomas de deficiencia: La carencia de magnesio solo es problema que merezca consideración en los terneros sometidos a dieta láctea exclusivamente y a ruminantes en pastoreo, ocasionando hipomagnesia que consiste en vasodilatación, hiperexcitabilidad, convulsiones, fibrosis renal, calcificaciones en los tejidos y en ocasiones llega a la muerte.

Requerimiento: Determinante para la demanda de Magnesio, es la especie animal, edad, funciones que vaya a realizar y composición del alimento. Los requerimientos de las aves y cerdos van de 0.2 a 2 g/kg de alimento y en los ruminantes hasta 2% del alimento terminado.

Suplemento: Debido a que las cantidades de Magnesio en los vegetales es insuficiente para cubrir los requerimientos de los ruminantes, es necesario adicionar sales de magnesio. Las necesidades de magnesio de las aves y cerdos son cubiertas con el alimento.

3.2.1.2. Electrolíticos.

3.2.1.2.1. Sodio (13) (16) (44).

Recursos naturales: El Sodio existe principalmente en la harina de carne con huesos y de pescado, melazas de remolacha y zanahoria.

Aprovechamiento: El Sodio presente tanto en fuentes de origen vegetal como animal es aprovechado completamente por el animal.

Importancia fisiológica: Es el principal catión del líquido extracelular, siendo sus funciones regular la presión osmótica, equilibrio ácido-básico, transmisión de impulsos nerviosos, absorción de nutrimentos como monosacáridos, aminoácidos y sales biliares.

Síntomas de deficiencia: Cuando se presenta carencia de este elemento en los animales, disminuye la asimilación proteica, mengua la producción de energía y dificulta la reproducción; en gallinas se traduce en menor producción de huevo, pérdida de peso y canibalismo.

Requerimiento: La demanda de Sodio depende generalmente de la especie y edad del animal, así como las condiciones ambientales. En general las necesidades de los animales son de 0.1 a 0.2% de la dieta.

Suplemento: La mayoría de los ingredientes utilizados para la alimentación animal no cubren las necesidades de sodio, por ello es necesario adicionar sal (cloruro de sodio) como suplemento.

3.2.1.2.2. Potasio (13) (44).

Recursos naturales: Dentro de los ingredientes que contienen cantidades considerables de potasio son hierbas jóvenes, raíces, granos de leguminosas y salvados; por el contrario los cereales son pobres en este elemento.

Aprovechamiento: El Potasio existente en los vegetales es utilizado totalmente por los animales.

Importancia fisiológica: Es el catión mas abundante del fluido intercelular siendo los músculos especialmente ricos en el elemento. Algunas de sus funciones consisten en activar ciertas enzimas intracelulares, regular la actividad muscular; mantener la permeabilidad muscular, bajar el ritmo cardíaco, utilizar los aminoácidos para regular la síntesis proteica, mantener el equilibrio ácido-básico y la presión osmótica.

Síntomas de deficiencia: Una carencia de este mineral reduce el ritmo de crecimiento y eficiencia alimenticia, aminora la excitabilidad muscular y nerviosa. En gallinas baja la postura.

Requerimiento: La necesidad de potasio depende principalmente del tipo de trabajo y condiciones ambientales a las que está sometido el animal. En general, la cantidad que requieren es de 0.2 a 0.8% del alimento terminado.

Suplemento: La mayoría de los alimentos en base a ingredientes naturales contienen de 0.7 a 2.0% por lo que en general no es necesario la adición de sales de este elemento.

3.2.1.2.3. Cloro (13) (44).

Recursos naturales: Los ingredientes que contienen cantidades considerables de Cloro son: leche entera de polvo, melazas de remolacha y caña.

Aprovechamiento: El cloro existente en la naturaleza es utilizado por los animales de granja.

Importancia fisiológica: La mayor parte del cloro corporal se encuentra en el fluido extracelular, en el plasma, siendo el principal anión. Interviene primordialmente en la regulación de la presión osmótica (en colaboración con los otros electrolitos) y en la formación del ácido clorhídrico en el estómago.

Síntomas de deficiencia: La cantidad inadecuada de cloro en el organismo ocasiona pobre crecimiento y excitabilidad nerviosa principalmente.

Requerimiento: La necesidad de cloro depende de la especie, condiciones de trabajo, clima, etc. En general las necesidades son de 0.10 a 0.30% de la ración.

Suplemento: Debe ser adicionados regularmente cantidades adecuadas de cloruros de acuerdo a las necesidades de cada animal, pues los alimentos naturales generalmente no las cubren. El suplemento que más se utiliza es la sal.

Intoxicación: Se produce intoxicación cuando se ingieren en breve plazo cantidades elevadas de sal común, causando principalmente diarreas y muerte al poco tiempo.

3.2.1.3. Catalíticos.

3.2.1.3.1. Azufre (13) (16) (20).

Recursos naturales: Los ingredientes ricos en metionina y cistina son fuentes de azufre disponible para los animales de granja. Dentro de ellos se encuentran carne, huesos, harina de pescado, leche descremada y gluten de maíz.

Aprovechamiento: Los animales no rumiantes aprovechan solamente el azufre de origen orgánico (aminoácidos azufrados) para su metabolismo. En el caso de los rumiantes, puede provenir de fuentes inorgánicas, principalmente como sulfatos. El azufre elemental es menos soluble en el rumen y por tanto menos asimilado.

Funciones fisiológicas: El azufre es un elemento importante en la síntesis de proteínas debido a que dos aminoácidos esenciales metionina y cisteína contienen azufre. Del mismo modo, el azufre forma parte de algunas vitaminas, tales como tiamina y biotina y también de los sulfatos polisacáridos entre los cuales está la condroitina. La condroitina es un componente clave de los cartílagos, huesos, tendones y paredes de las venas.

Síntomas de deficiencia: Los trastornos carenciales de azufre corresponden a sus formas orgánicas, produciendo en general el exceso de salivación y debilidad. En ganado ovino, la lana presenta un crecimiento pobre.

Requerimiento: Las necesidades de azufre dependen de la especie animal a alimentar y del alimento. Para ovinos y bovinos se recomienda una relación de Nitrógeno-Azufre de 10:1 y de 12-15:1 respectivamente.

Suplemento: Debido a que los ingredientes que son fuentes de azufre son utilizados poco por sus altos costos, es necesario agregar al alimento aminoácidos sintéticos de acuerdo a las necesidades de cada especie. Los suplementos de azufre para rumiantes son más necesarios cuando se le adiciona al alimento Urea como fuente de Nitrógeno.

Intoxicación: Niveles excesivos de azufre en la dieta de rumiantes puede causar una toxicidad severa presentándose los siguientes signos: dolor abdominal, diarrea, deshidratación, pulmones congestionados y severa enteritis.

3.2.1.3.2. Hierro (16) (20) (44).

Recursos naturales: Las plantas verdes, leguminosas, residuos de la obtención de aceite y harina de carne y pescado se caracterizan por poseer un contenido de hierro particularmente elevado.

Aprovechamiento: El valor del aprovechamiento depende del aporte y de las necesidades de hierro. Los compuestos de este elemento que son de buena utilización son: lactato, fumarato y citrato.

Importancia fisiológica: El Hierro es elemento importante para la formación del pigmento sanguíneo rojo (hemoglobina), del pigmento muscular (mioglobina) y como componente de las enzimas citocromo oxidasa, citocromo C, catalasa, oxidasa, etc.

Síntomas de deficiencia: La carencia de hierro en la dieta es de importancia principal en cerdos lactantes y en menor proporción corderos y terneros lactantes, ocasionando anemia nutricional, que se caracteriza por tener bajo contenido de hemoglobina sanguínea, respiración forzada, debilidad, palidez en parpados y nariz, piel flácida y arrugada y edemas en la cabeza y hombros.

Requerimiento: Las necesidades para la mayor parte de las especies monogástricas son de 60 a 140 mg/kg de alimento. Para ruminantes fluctúa entre 50 a 100 mg/kg de alimento. El requerimiento aumenta si se emplea sulfato de cobre como bacteriostato.

Suplemento: Como medida preventiva debe darse una dosis de suplementación de sales de hierro a la hembra durante la gestación y/o lactación o bien al lactante.

Intoxicación: El Hierro de origen inorgánico puede ser tóxico en ruminantes. Los niveles de toxicidad para ovino son 280 mg/kg y para bovinos de 400 a 1000 mg/kg de alimento.

3.2.1.3.3. Manganeso (16) (20) (44).

Recursos naturales: El Manganeso figura en las partes verdes de todas las plantas, con mayor concentración en la lechuga, cereales, semillas de leguminosas, arroz y frutas.

Aprovechamiento: La cantidad de manganeso aprovechada depende de la cantidad de calcio y fósforo presente en la ración.

Importancia fisiológica: Participa en la constitución de los huesos, mantenimiento de la funcionalidad de los órganos reproductores y formación del pigmento sanguíneo.

Síntomas de deficiencia: La carencia de Manganeso en la práctica se presenta con máxima frecuencia en aves. Aves en crecimiento se produce

perosis que es una anomalía en la formación de tejido óseo y ocasiona defectos en el aparato locomotor. En gallinas ponedoras afecta el desarrollo embrional y disminuye la incubación de los huevos. En pollos recién nacidos se observan anomalías del esqueleto. La carencia en rumiantes y cerdos se aprecia por una reducción en velocidad de crecimiento y capacidad reproductora. Hay alteraciones en el desarrollo de huesos y articulaciones.

Requerimiento: Las necesidades dependen principalmente de la especie, funciones a realizar y composición del alimento. Un exceso de calcio y/o fósforo en la dieta aumenta el requerimiento.

Suplemento: Los requerimientos de los rumiantes y cerdos son cubiertas a través de su alimento, en aves no, por lo que se adiciona al alimento suplementos de sales de manganeso.

3.2.1.3.4. Cinc (Zn) (44).

Recursos naturales: Dentro de los alimentos que contienen cantidades considerables de Cinc son harina de hueso y pescado, trigo, avena, salvado de arroz y leche.

Aprovechamiento: La utilización de cinc se halla limitada en los animales monogástricos que reciben en su dieta una alta cantidad de soya triturada, harina de semillas de algodón y harina de ajonjolí, ya que en el rumen intestinal el ácido fítico forma complejo con el cinc, siendo éste difícil de aprovechar. También se observa un bajo aprovechamiento de cinc cuando existe elevada concentración de calcio en la ración.

Importancia fisiológica: El cinc se encuentra en concentraciones altas en hígado y páncreas, resultando importante para la formación de insulina. En animales productores intervienen en la conservación de la fecundidad y desarrollo de los fetos. Participa en el mantenimiento de las funciones cutáneas y en la biosíntesis de proteínas y ácidos nucleicos.

Síntomas de deficiencia: La carencia de cinc se presenta principalmente en cerdos, mostrando una detención del crecimiento, menor ingestión del alimento, lesiones cutáneas y pilosas y en gestación el aborto. En aves retardo de crecimiento y lesiones cutáneas. En gallinas ponedoras disminuye la puesta, así como durante la incubación se observa trastornos en el desarrollo del esqueleto y formación de plumas.

Requerimiento: Para cerdos y aves la demanda de cinc depende de la cantidad de calcio y ácido fítico presente en el alimento. En ruminantes el fitato de cinc es desdoblado como consecuencia de la actividad de los microorganismos existentes en el rumen. Los requerimientos para cubrir las necesidades en general están entre 40-100 mg/kg de alimento al día.

Suplemento: Cuando en la dieta de cerdo y aves entran fracciones elevadas de soya triturada, harina de semillas de algodón, es necesario agregar sales de cinc al alimento.

Intoxicación: En el caso de los ruminantes un exceso de cinc (500 a 1000 mg/kg de alimento) ocasiona convulsiones y puede llegar a la muerte.

3.2.1.3.5. Cobre (16) (20) (44).

Recursos naturales: El Cobre muestra cantidades considerables en los siguientes alimentos: harina de carne, granos de sorgo, harina de gluten de maíz, melazas de cítricos, pastas de linza y soya, semillas de algodón y suero de leche en polvo.

Aprovechamiento: Se encuentra en el alimento en forma de sal, ya sea cúprica o cuprosa, siendo la primera la de mayor solubilidad y por ende la de mayor aprovechamiento a nivel intestinal. Su absorción se ve interferida por la presencia de molibdeno, cinc y cadmio.

Importancia fisiológica: El cobre entra en la composición de numerosas enzimas (tirosina, citocromoxidasa, butil-CoA deshidrogenasa, urinasa, etc.) necesarias para el transporte de electrones. Participa de forma importante en el aprovechamiento de hierro y la síntesis de hemoglobina. Desempeña un papel decisivo en la formación y conservación de la elastina en las arterias y en la elasticidad del pelo y lana.

Síntomas de deficiencia: Los problemas asociados con la deficiencia del mineral son diferentes de acuerdo a la especie animal y a la intensidad de la deficiencia. Algunos de los síntomas son ataxia, anemia, despigmentación, desorden en el tejido conectivo (aves), ruptura aórtica, efisema pulmonar, fragilidad ósea, hipertrofia cardíaca y alteraciones en el sistema nervioso central. En el caso de gallina en postura produce huevos de tamaño mayor a lo normal pero deformes con cascarón rugoso.

Requerimiento: La necesidad depende del suministro de molibdeno

en el alimento. Se considera una óptima relación cobre-molibdeno de 3.5-4.5:1. En general las necesidades de cobre en los animales van de 2 a 10 mg/kg de alimento.

Suplemento: Debido a que la cantidad de cobre es muy variada en el suelo, por ende también en las fuentes vegetales, es necesario suplementar al alimento de acuerdo a las necesidades de cada animal con sales de cobre.

Intoxicación: Los borregos tienen el mayor nivel hepático de cobre, siendo éstos más susceptibles de intoxicaciones por un exceso de éste elemento, causando una crisis hemolítica. El nivel tóxico para esta especie se considera de 5 a 30 mg/kg de alimento, en ganado vacuno de 100 mg/kg de alimento y para cerdos de 300 a 300 mg/kg de alimento.

3.2.1.3.6. Yodo (I) (44).

Recursos naturales: En la naturaleza se encuentra el yodo muy repartido; sin embargo, lo contienen principalmente los alimentos marinos.

Aprovechamiento: El yodo presente en la naturaleza es utilizado por todas las especies animales.

Importancia fisiológica: Tiene como función primordial mantener la salud y conseguir buenos resultados en la reproducción animal. El yodo sirve en la tiroides para la síntesis de la hormona tiroidea, reguladora de la intensidad del metabolismo basal.

Síntomas de deficiencia: Por la ausencia de yodo en la dieta, se ven afectados particularmente los fetos y crías lactantes, en los cuales se observa bocio y disminución de la vitalidad. La ingestión de yodo en cantidades subóptimas actúa frenando el crecimiento.

Requerimiento: La cantidad de yodo que requieren los animales depende principalmente de la especie y las funciones que vaya a realizar. Las necesidades para la mayoría de los animales son de 0.1 a 0.5 mg/kg de alimento.

Suplemento: En zonas donde los alimentos son pobres en yodo, debido a la escasez en el suelo y agua, conviene suministrar sales de yodo.

Intoxicación: Los niveles tóxicos de yodo (200 mg/kg de alimento en bovinos jóvenes y 50 mg/kg en adultos) causan bocio, reducción del consumo del alimento y del crecimiento, lagrimeo, descarga nasal acuosa y congestión traqueal causando tos.

3.2.1.3.7. Selenio (16) (17).

Recursos naturales: Algunos alimentos mas o menos ricos en selenio son: harina de carne y pescado y todos los vegetales. La cantidad de selenio va a depender de lo que se encuentra en el suelo.

Aprovechamiento: El selenio que se encuentra unido a las proteínas de las plantas, muestra una biodisponibilidad de 60 a 90%, mientras en los productos de origen animal es menor.

Importancia fisiológica: Forma parte de la enzima glutatión peroxidasa, que funciona conjuntamente con la vitamina E como antioxidante liposoluble, interfiriendo en el proceso de oxidación, destruyendo los peróxidos. Además el selenio participa en la protección de enfermedades y en digestión normal de grasas.

Síntomas de deficiencia: Los problemas patológicos que corresponden a la deficiencia de selenio en presencia de un adecuado nivel de vitamina E son los siguientes: necrosis hepática (cerdos), fibrosis del páncreas (aves), diatesis exudativa (aves), miopatía nutricional (rumiantes), microangiopatías (cerdos, terneros y corderos).

Requerimiento: La cantidad que se necesita se relaciona con la tasa metabólica del animal y presencia de oxígeno activo en las células y no con la ingestión de las grasas como es el caso de la vitamina E. La cantidad de selenio no deberá exceder de 0.2 mg/kg de alimento para los animales de granja.

Suplemento: Tiene que estar de acuerdo al contenido de selenio en los ingredientes alimenticios. Las raciones a base de cereales practicamente no contienen la cantidad suficiente para cubrir los requerimientos y por lo tanto deberán ser suplementadas con sales de selenio.

Intoxicación: Un exceso de selenio en el alimento (2 mg/kg de alimento) puede causar severos trastornos al animal, presentando reducción del consumo del alimento, y rendimientos, lesiones cutáneas, marcha envarada y cojera, y alteraciones del miocardio e hígado.

3.2.1.3.8. Cobalto (20) (44).

Recursos naturales: Se encuentra en todos los vegetales en cantidades muy variables dependiendo del tipo de suelo. Suelos volcánicos y arenosos son las que presentan deficiencia de cobalto.

Aprovechamiento: El cobalto presente en las plantas es aprovechado totalmente por los rumiantes para la síntesis de vitamina B₁₂. El cobalto en cerdos y aves no es requerido en su dieta.

Importancia fisiológica: El cobalto es requerido por los microorganismos del rumen para la síntesis de vitamina B₁₂, misma que posteriormente es absorbida por el animal y cubre su función fisiológica como tal.

Síntomas de deficiencia: La carencia de cobalto se presenta principalmente en rumiantes de pastoreo y en épocas de invierno, presentando síntomas generales de desnutrición. Los animales pierden apetito y peso, se debilitan y finalmente mueren.

Requerimiento: Las necesidades de cobalto para rumiantes en pastoreo es 0.1 mg/kg de alimento diario. Bajo condiciones de pastoreo, los corderos tienden a ser más sensibles a la deficiencia de cobalto, seguida por ovejas adultas, terneros y ganado vacuno adulto.

Suplemento: La mejor forma de prevenir una deficiencia de cobalto en rumiantes de pastoreo es por medio de la administración oral de este mineral por medio de sales.

Intoxicación: Los niveles máximos permitidos son de 20 y 50 mg/kg de alimento para bovinos y ovinos respectivamente. Dosis mayores pueden producir intoxicación, cuyos síntomas son similares a las carencias.

En el cuadro IV se encuentran los minerales mas utilizados en la industria de uso pecuario y su biodisponibilidad.

Los requerimientos de minerales para las diferentes especies se dan en los cuadros del VI - X.

3.3. Mezclado.

CUADRO VI

REQUERIMIENTOS DE MINERALES PARA AVES: (43)

Minerales	Iniciación 0-6 semanas	Crecimiento		Puesta	Reproducción
		6-14 semanas	14-20 semanas		
Calcio (%)	0.80	0.70	0.60	3.40	3.40
Fósforo (%)	0.40	0.35	0.30	0.32	0.32
Potasio (%)	0.40	0.30	0.25	0.15	0.15
Sodio (%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Cloro (%)	0.15	0.12	0.12	0.15	0.15
Magnesio (ppm)	600.00	500.00	400.00	500.00	500.00
Manganeso (ppm)	60.00	30.00	30.00	30.00	60.00
Cinc (ppm)	40.00	35.00	35.00	50.00	65.00
Hierro (ppm)	80.00	60.00	60.00	50.00	60.00
Cobre (ppm)	8.00	6.00	6.00	6.00	8.00
Yodo (ppm)	0.35	0.35	0.35	0.30	0.30
Selenio (ppm)	0.15	0.10	0.10	0.10	0.10

CUADRO VII

REQUERIMIENTOS DE MINERALES PARA POLLOS DE ENGORDA (43)

<u>Minerales</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Semanas 0-3</u>	<u>Semanas 3-6</u>	<u>Semanas 6-8</u>
Calcio	%	1.0	0.90	0.80
Fósforo	%	0.45	0.40	0.35
Potasio	%	0.40	0.35	0.30
Sodio	%	0.15	0.15	0.15
Cloro	%	0.15	0.15	0.15
Magnesio	ppm	600.00	600.00	600.00
Manganeso	ppm	60.00	60.00	60.00
Cinc	ppm	40.00	40.00	40.00
Hierro	ppm	80.00	80.00	80.00
Cobre	ppm	8.0	8.0	8.0
Yodo	ppm	0.35	0.35	0.35
Selenio	ppm	0.15	0.15	0.15

CUADRO VIII

REQUERIMIENTOS DE MINERALES PARA CERDOS EN DESARROLLO (19)

Minerales	Cantidad	P E S O KG				
		5-10	10-20	20-35	35-60	60-100
Calcio	%	0.30	0.65	0.60	0.55	0.50
Fósforo	%	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Sodio	%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cloro	%	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Potasio	%	0.26	0.26	0.23	0.20	0.17
Magnesio	%	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Hierro	ppm	140.00	80.00	60.00	50.00	50.00
Cinc	ppm	100.00	80.00	60.00	50.00	50.00
Manganeso	ppm	4.00	3.00	2.00	2.00	2.00
Cobre	ppm	6.00	5.00	4.00	3.00	3.00
Yodo	ppm	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Selenio	ppm	0.15	0.15	0.15	0.15	0.10

CUADRO IX

REQUERIMIENTOS DE MINERALES PARA CERDOS EN REPRODUCCION (19)

Minerales	Cantidad	P E S O KG		
		Gestación 110-250	Lactación 140-250	Sementales 110-250
Calcio	%	00.75	00.75	00.75
Fósforo	%	00.60	00.50	00.60
Sodio	%	00.15	00.20	00.15
Cloro	%	00.25	00.30	00.25
Potasio	%	00.20	00.20	00.20
Magnesio	%	00.04	00.04	00.04
Hierro	ppm	80.00	80.00	80.00
Cinc	ppm	50.00	50.00	50.00
Manganeso	ppm	10.00	10.00	10.00
Cobre	ppm	5.00	5.00	5.00
Yodo	ppm	00.14	00.14	00.14
Selenio	ppm	00.15	00.15	00.15

CUADRO X

REQUERIMIENTOS SUGERIDOS DE MINERALES PARA RUMIANTES (23)

<u>Minerales</u>	<u>Ganado Vacuno de carne</u>	<u>Vacas Lecheras en lactación</u>
Calcio (%)	0.50	0.50
Fósforo (%)	0.35	0.35
Magnesio (%)	0.10	0.20
Potasio (%)	0.65	0.80
Sodio (%)	0.08	0.18
Azufre (%)	0.10	0.20
Cobalto (ppm)	0.10	0.10
Cobre (ppm)	8.00	10.00
Yodo (ppm)	0.50	0.50
Hierro (ppm)	20.00	50.00
Manganeso (ppm)	20.00	40.00
Molibdeno (ppm)	00.01	- - -
Selenio (ppm)	00.20	00.10
Cinc (ppm)	30.00	40.00

Dentro del proceso de la manufactura de un alimento de uso pecuario, el mezclado ha progresado muy poco técnicamente. Los principios básicos de este proceso continúan siendo hasta cierto punto, empíricos, ya que ni el diseño ni la operación de las mezcladoras se presentan a la aplicación de medidas y fórmulas matemáticas que describan las condiciones óptimas para lograr, bajo diferentes situaciones, una homogenización consistentemente adecuada de los ingredientes que se utilizan. Por ello, es importante dar a conocer el significado del mezclado y los factores que afectan a éste.

3.3.1. Objetivo del mezclado en alimentos de uso pecuario.

Con el mezclado se debe preparar una mezcla precisa y homogénea con consistencia y eficiencia. Hay cuatro requisitos importantes:

PRECISION.- Obedecer exactamente las instrucciones de la fórmula, para que cada ingrediente se incorpore en las cantidades específicas, si acaso con variaciones insignificantes y aceptables.

HOMOGENEIDAD.- Tiene la finalidad de que dos o más ingredientes separados, al mezclarse bien, deban alcanzar un estado tal, que cada partícula de cualquiera de los ingredientes esté lo más próxima posible a una partícula de cada uno de los demás ingredientes.

CONSISTENCIA.- Preparar la misma fórmula para 16,000 kilos repetidamente en una mezcladora de 2000 kilos para que las ocho mezclas sean uniformes.

EFICIENCIA.- Es el aspecto económico que enfatiza las ventajas de lograr la mayor capacidad de mezclado por hora y menos costos fijos y variables por unidad de alimento. La falta de precisión y homogeneidad en el alimento afectará en los rendimientos del animal, en la apariencia del producto o en el costo (13) (32).

La industria pecuaria para elaborar un alimento terminado, maneja de 20 a 30 ingredientes en cantidades muy distintas desde unos cuantos miligramos hasta muchos kilogramos en una tonelada, presentándose el problema de que los ingredientes que se encuentran en pequeñas cantidades (0.5% ó menor) no se dispersen homogéneamente en el mezclado. Los ingredientes que presentan este problema son metionina, lisina, sal, minerales traza, vitaminas, coccidiostatos y otras drogas (40). La mejor manera de resolver éste problema comienza con la elaboración de premezclas que son diluciones de los principios activos en un ingrediente inactivo (24) (36).

Un ingrediente inactivo es aquella sustancia capaz de aumentar el volumen de inclusión del principio activo y cambiar algunas de sus propiedades físicas, facilitando así el mezclado. No tiene el objetivo de aportar alguna fuente de nutrimentos al alimento terminado o a la premezcla. El ingrediente inactivo se divide en dos tipos según sus funciones a realizar: Diluyente y Vehículo (25) (32) (36).

Diluyente también llamado excipiente. Se utiliza con el propósito de diluir la concentración del principio activo sin que éste se adhiera al diluyente y cuando hay gran variación de densidades entre los ingredientes puros. No modifica las propiedades físicas del ingrediente puro y su uso puede facilitar su pesaje. Los más conocidos son: carbonato de calcio, kaolín, harina de concha de ostión, sal, sulfato de sodio, etc. (25) (32) (36).

Vehículo. Es una sustancia capaz de retener el principio activo y de modificar sus propiedades físicas que hacen mejorar el mezclado. Un buen vehículo está constituido por una inmensidad de arrugas y poros donde se aloja y retiene al ingrediente puro. A la mezcla se le puede adicionar de 1 a 3% de aceite para ayudar a reducir la segregación. Los vehículos más típicos son: acemite, cascarilla de arroz molida, cascarilla de soya, etc. (25) (32) (36).

Tanto el diluyente como el vehículo no debe tener mayor de 10% de humedad, ya que éste es uno de los factores que contribuye a determinar la fecha de caducidad y/o causar problemas en el mezclado, deben tener un tamaño de partícula uniforme, no higroscópico, libre de fluidez y densidad similar al principio activo (25).

Muchas empresas pecuarias malgastan tiempo y dinero en realizar estas premezclas sin obtener los beneficios esperados, por ello muchas de éstas compran las premezclas a fábricas especializadas, obteniendo mejores resultados.

3.3.2. Tipo de mezcladoras que se utilizan en la industria de uso pecuario.

Dentro de la industria de uso pecuario se utilizan mezcladoras de diferentes capacidades y estilos que van de acuerdo a la capacidad de producción y al tipo de alimento que se vaya a elaborar. En general las mezcladoras se dividen en dos tipos: (15) (18) (25) (26).

- Mezcladoras horizontales
- Mezcladoras verticales

3.3.2.1. Mezcladoras horizontales.

Dentro de las mezcladoras horizontales, las más utilizadas actualmente son: de listones, paletas y tambor.

3.3.2.1.1. Mezcladora de listones (Fig. 1).

Consiste en una serie de listones helicoidales de acero que van en direcciones opuestas y cruzadas, montadas en un eje que está colocado en el centro de una artesa en forma de "U". Es una de las mezcladoras que más se utilizan en la elaboración de alimentos terminados y premezclas, ya que sus hélices pueden mover niveles altos de líquidos (12%), ingredientes de diferentes densidades y tamaños, en direcciones opuestas al mismo tiempo, logrando una buena dispersión de la mezcla (fig. 7). Esta mezcladora tiene las ventajas de un costo bajo, de mayor rapidez de mezclado que la mayoría de las mezcladoras y un fácil acceso para que se cargue por gravedad y se mueve (7) (24) (47) (48).

3.3.2.1.2. Mezcladora de paletas (Fig. 2).

Se utiliza para la elaboración de alimentos terminados que usan niveles altos de líquidos. Consiste en una serie de brazos en forma de paletas que se encuentran montadas en un eje que está colocado en el centro de una artesa en forma de "U". La mezcladora desplaza a las partículas de los ingredientes de la parte terminal de la mezcladora a la mitad de esta regresando a la misma terminal, teniendo como consecuencia una lenta transferencia de los ingredientes a la mitad de la mezcladora a la otra mitad, produciendo mayor tiempo de mezclado que la anterior. (Fig. 8). En este tipo de mezcladora es importante el número de paletas, su localización, y el ángulo que formen entre ellas (48) (49).

3.3.2.1.3. Mezcladora de tambor (Fig. 3).

El mezclador de tambor o volteo, es sencillo pero útil para mezclar premezclas y consiste en un recipiente cilíndrico que tiene en su interior un eje horizontal con paletas que giran en sentido opuesto al tambor, produciéndose el mezclado. Es excelente para mezclar ingredientes secos, pero no cuando se añaden líquidos. Tiene un limitado acceso para que se cargue, descargue y limpie. Es más cara que la mezcladora de listones y se produce mayor tiempo de mezclado (25) (34).

3.3.2.2. Mezcladoras verticales.

Dentro de las mezcladoras que se usan para la elaboración de alimentos terminados y premezclas son mezcladoras de pantalones, helicoides y cono.

3.3.2.2.1. Mezcladora de pantalones (Fig.4).

La mezcladora de pantalones también llamada tipo "V" o de casco gemelos, es excelente para mezclar premezclas. Consiste en dos cortos cilindros unidos de forma que sus ejes formen un ángulo próximo a 90°. Esta mezcladora gira alrededor de un eje perpendicular al plano de intersección de los cilindros y ligeramente por encima de su centro, produciendo que se mezclen los ingredientes. Las inconveniencias que presenta éste tipo de mezcladora son el acceso a ella para cargar, descargar, limpiar y no poder agregar líquidos (8) (25).

3.3.2.2.2. Mezcladora helicoidal (simple o doble) (Fig. 5).

La mezcladora helicoidal o también llamada de gusano. Se utiliza para elaborar alimentos terminados en fincas y molinos pequeños. Consiste en un recipiente cilíndrico que tiene en su interior uno o dos helicoides verticales en el centro, recubierto por un ducto que lo aísla (camisa). Los ingredientes entran en la parte inferior del helicoides llevándolos éstos hasta el punto más alto de la mezcladora dispersándolos por todo el cuerpo de la misma. La acción principal del mezclado se presenta en la parte inferior del cilindro. Esto es debido a que los ingredientes que caen más cerca del gusano tienden a descender más rápido de los que caen más lejos, ocasionando que se formen distintas capas de partículas produciendo choques entre las partículas (Fig. 9) (18) (26).

Una de sus limitaciones de la mezcladora helicoidal es que el gusano puede mover solamente una fracción de la masa total produciendo mayor tiempo de mezclado que las mezcladoras horizontales. Como también el gusano gasta gran cantidad de energía en dar los movimientos rotacionales a las partículas para subirlas a la parte superior de la mezcladora (48).

3.3.2.2.3. Mezcladora de cono (Fig. 6).

Este tipo de mezcladora consiste en un tanque cónico que tiene en su interior uno o dos gusanos que gira sobre su propio eje, mientras que describe también una órbita en torno al eje central del tanque. Se utiliza para la elaboración de premezclas con niveles altos de líquidos (8-12%) (25).

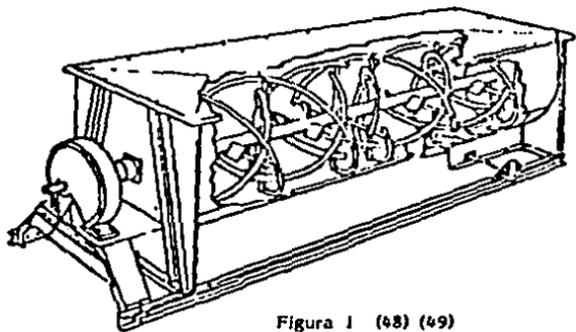


Figura 1 (48) (49)
Mezcladora Horizontal de Listones

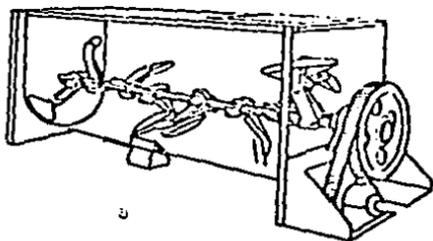


Figura 2 (48) (49)
Mezcladora Horizontal de Paletas

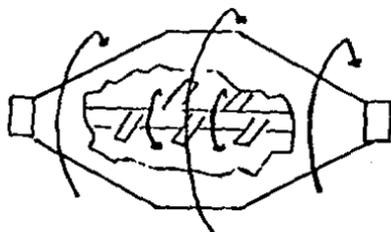


Figura 3 (25) (34)
Mezcladora Horizontal de Tambor

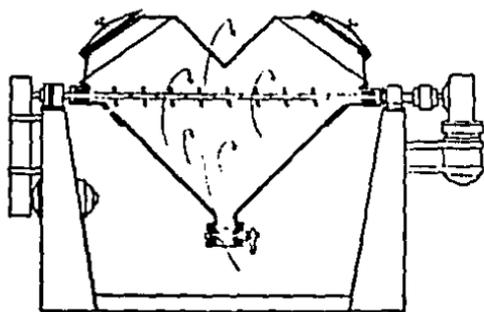


Figura 4 (8)
Mezcladora Vertical de Pantalones

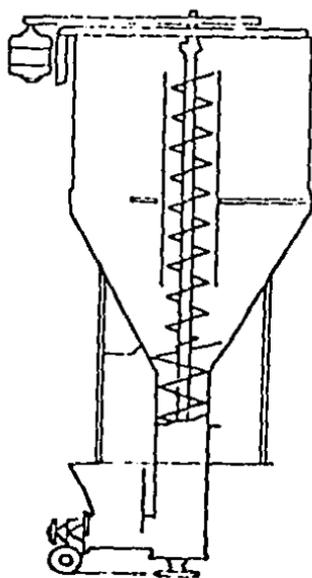


Figura 5 (26)
Mezcladora Vertical Helicoidal

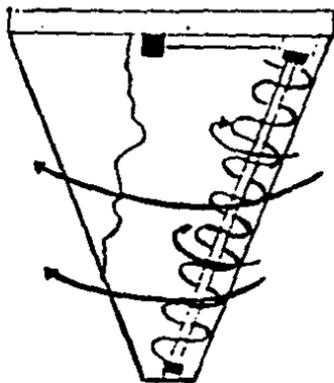


Figura 6 (25)
Mezcladora Vertical de Cono

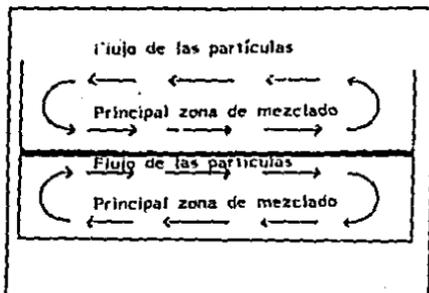


Figura 7 (47) (48)
Flujo de las partículas en una Mezcladora Horizontal de Listones

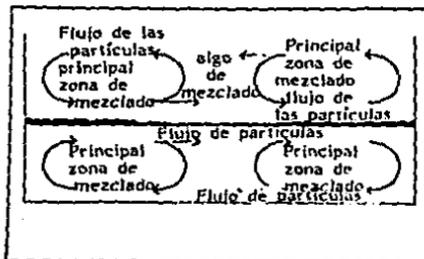


Figura 8 (47) (48)
Flujo de las partículas en una Mezcladora Horizontal de Paletas

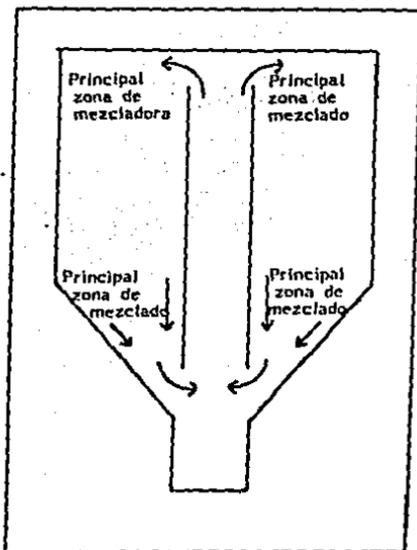


Figura 9 (26)
Flujo de las partículas en una mezcladora Vertical Helicoidal

3.3.3. Factores que afectan el mezclado tanto en alimento terminado como en premezclas.

Los factores que afectan principalmente la homogeneidad de mezclado en alimentos terminados y premezclas se mencionan a continuación:

- Propiedades físicas y químicas de los ingredientes.
- Orden de adición de los ingredientes a la mezcla.
- Diseño del equipo mezclador.
- Tiempo óptimo de mezclado.

3.3.3.1. Propiedades físicas y químicas de los ingredientes.

Varios autores (14) (45) establecen que en el mezclado de alimento terminado y premezclas, se ve influenciado por propiedades físicas y químicas, siendo las principales:

- Tamaño y forma de las partículas.
- Peso específico o densidad.
- Higroscopicidad.
- Suceptibilidad a la carga electrostática.
- Características adhesivas.

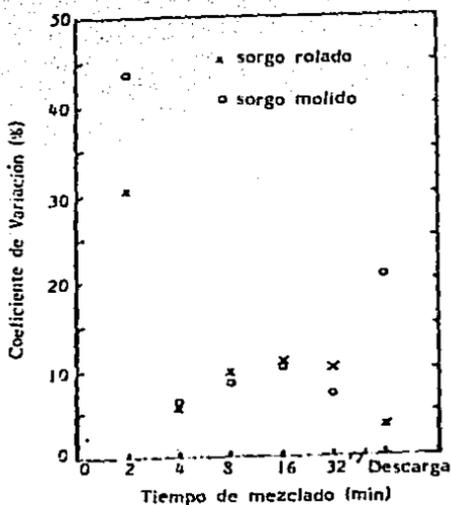
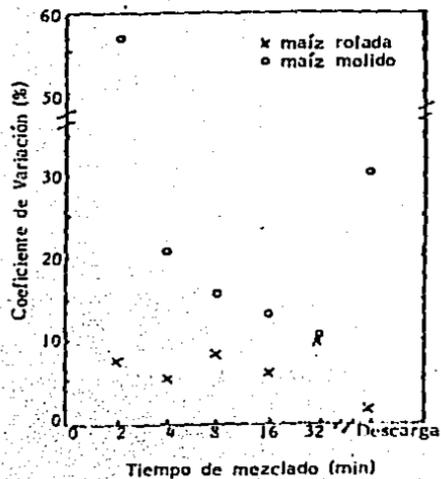
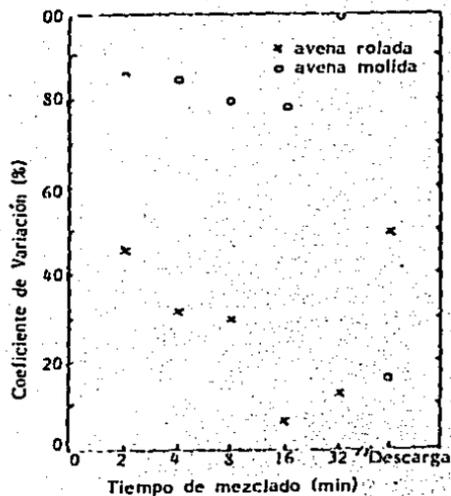
3.3.3.1.1. Tamaño y forma de las partículas.

El tamaño y forma de las partículas son factores que afectan a la homogeneidad de mezclado tanto en la elaboración de alimentos terminados como premezcla, ya que los diferentes ingredientes que componen a éstos, tienen una gran variedad de formas y tamaños que ocasionan durante o después del mezclado se segreguen, es decir que las partículas más pesadas, menores, más lisas y más redondas tiendan a hundirse a través de las más ligeras, mayores o de forma más irregulares respectivamente.

Una de las formas para evitar este problema, es tratar que todas las partículas tengan tamaño y forma muy similares para que así éstas se distribuyan homogéneamente (34). En el trabajo de Pfost (38) evaluó la dispersión de sal en sorgo, maíz y avena rolados o molidos, encontrando las mayores uniformidades en el sorgo y maíz molido a diferencia de la avena molida, de las formas roladas solo en el caso de sorgo se aproximó a la uniformidad (Fig. 10).

En los estudios de Bloon y Livesey (1) demuestran que los ingredientes que se encuentran en pequeñas cantidades (685 g de Riboflavina

Figura 10. Efecto de tamaño, número y forma de partículas en el mezclado (38)



y 2 g Procaine penicillium en una ton. de alimento) se puede reducir el tamaño de la partícula a la mitad, para que el número de partículas por unidad de peso aumente, produciendo una mezcla más uniforme. Sin embargo, también mencionan la desventaja de la fácil segregación de las partículas después de que se haya mezclado.

3.3.3.1.2. Peso específico o densidad.

La densidad es otro de los factores que más afecta la homogeneidad de mezclado. La mayoría de los ingredientes que componen a un alimento balanceado tienen densidades muy similares, a excepción de los minerales que por lo general son más pesados por peso unitario (cuadro XI).

El trabajo de Cline (12) evalúa la dispersión de fracciones minerales (manganeso, calcio y cenizas) y de fracciones orgánicas (proteína cruda) en alimentos balanceados para pollos de engorda, muestra como los macroingredientes alcanzan en tan solo 3 minutos una uniformidad bastante aceptable (C.V. = 3.4%), pero las fracciones minerales permanecen aún mal distribuidas (C.V. = 14), sólo un mayor tiempo de mezclado (5 minutos) logra su uniformidad (C.V. = 3) (Fig. 11).

3.3.3.1.3. Higroscopicidad.

Ingredientes sólidos e higroscópicos como la urea, cloruro de colina y ciertas sales como son sulfato con 5 y 7 moléculas de agua de cristalización de cobre, cinc o hierro provoca aglomeración de sus partículas, evitando una libre fluidez en el mezclado, ocasionando al alimento terminado o premezclas modificaciones en las propiedades de los ingredientes o bien la acumulación de algún ingrediente que puede llegar a ser tóxico al animal. Por ello, muchas de las industrias limitan el uso de éstos ingredientes al alimento (14) (20) (40).

3.3.3.1.4. Susceptibilidad a la carga electrostática.

La susceptibilidad a la carga es una propiedad asociada normalmente a ingredientes activos puros como la niacina, riboflavina y antibióticos. Cualquiera ingrediente seco y en forma de polvo puede ser manejado de tal manera que se produzca campos electrostáticos y pueda resultar la

- Coeficiente de variación.

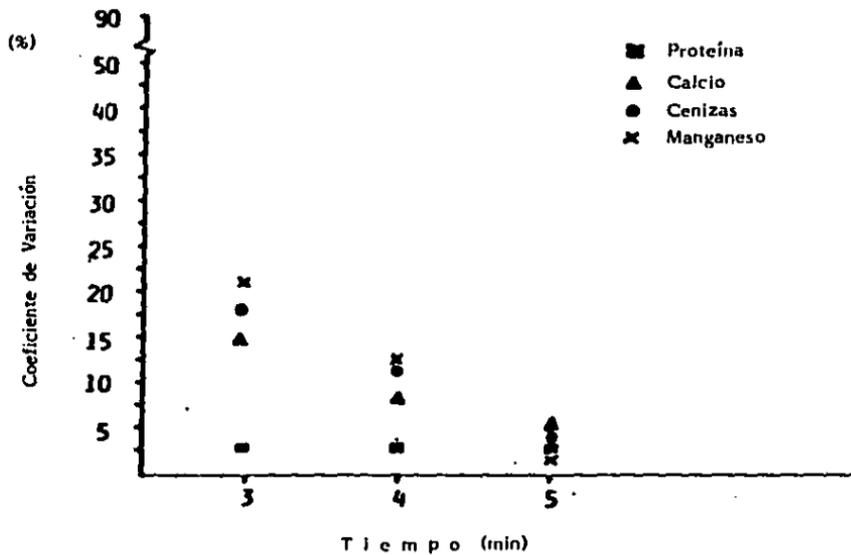
CUADRO XI

DENSIDADES APARENTES DE LOS PRINCIPALES INGREDIENTES DE UN
ALIMENTO BALANCEADO (6) (56)

<u>Ingredientes</u>	<u>Densidad aparente (kg/m³)</u>
Sorgo molido	513-577
Maíz molido	545-577
Trigo molido	609-625
Pasta de soya	561-609
Soya integral	400-545
Pasta de girasol	416-609
Pasta de canola	497-529
Harinolina	593-641
Gluten de maíz	416-529
Harina de alfalfa	288-332
Harina de pescado	480-641
Suero de leche entero	561-737
Pulido de arroz	480
Salvado de trigo	176-236
Riboflavina	593
Vitamina A acetato	769
Harina de hueso	801-961
Fosfato dicálcico	962-1201
Piedra caliza	1089-1201
Sal fina	1121-1281
Sulfato cúprico	993
Sulfato de cinc	1361-1410
Roca fosfórica	1041-1360
Oxido de manganeso	1280-1360
Sulfato de manganeso	800-960
Sulfato ferroso (31%)	960-1041

Figura 11

Evaluación del tiempo de mezclado con cuatro indicadores (12)



adhesión de una porción del ingrediente al equipo. Un nivel bajo de grasa o aceite tiende a evitar este problema en la práctica (18).

3.3.3.1.5. Características adhesivas.

La adición de cantidades convencionales de sustancias adherentes como aceite y grasa han mostrado mejorar considerablemente la calidad del alimento terminado y reducción del tiempo de mezclado.

Pfost observa como el aceite modifica las propiedades físicas de los ingredientes para mejorar el mezclado. Un aditivo que tiene una densidad alta y está finamente dividido, se mezcla con aceite y maíz, dando como resultado un mezclado similar al que se tuviera si se mezcla sólo maíz (36).

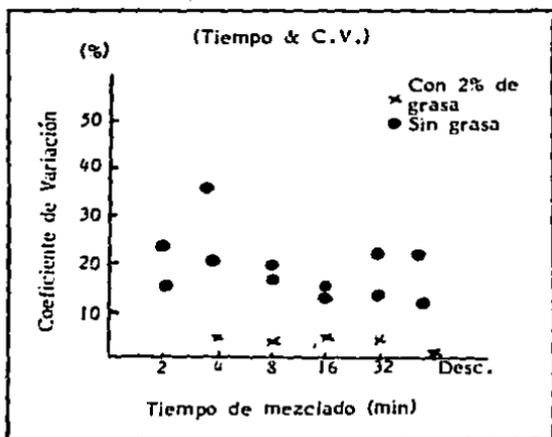
En los estudios realizados por Hall (18) demuestran como la adición del 2% de grasa en una mezcla de harina de soya y carbonato de calcio (95:5) mejora el mezclado (C.V. -5%), siendo que con la ausencia de grasa produce un coeficiente de variación mayor (12%) (Fig. 12).

3.3.3.2. Orden de adición de los ingredientes a la mezcla.

La secuencia con que se agregan los ingredientes a la mezcladora es también un factor que influye el mezclado. Se ha recomendado poner primero ingredientes que se encuentran en mayor proporción (cereales o pastas), seguida de los intermediarios en orden de incluir a los de menor densidad y después los de mayor, (evitando poner vitaminas y pigmentos oxidables consecutivamente con minerales) finalizando con la adición de una parte del ingrediente inicial u otro de densidad similar. La adición de líquidos se realiza después de haber adicionado todos los ingredientes sólidos y de un cierto tiempo de mezclado. Un ejemplo de orden de adición de los ingredientes, se indica a continuación: (10) (32).

Fórmula	Kg	densidad (Kg/m ³)
Harina de alfalfa	25	243-391
Roca caliza	10	1325-1495
Sal	5	856-1198
Maíz amarillo	300	582-800
Harina de carne	50	500-600

Figura 12



Efecto sobre el coeficiente de variación al agregar 2% de grasa para mejorar el mezclado de Harina de Soya y Carbonato de Calcio (95:5). (18)

Fórmula	Kg	Densidad (Kg/m ³)
Pmz. vitamínica	12	452-481
Sorgo	285	592-608
Pasta de ajonjolí	225	396-615
Harina de pescado	25	371-851
Cártamo	25	310-597
Roca fosfórica	10	973-1700
Pmz. de minerales	10	1250-1440
Harinolina	18	476-789
T o t a l	1000	

Fórmula anterior arreglada con el orden de adición de los ingredientes:

No. de orden de adición	Fórmula	Kg	Densidad (Kg/m ³)
1	Maíz amarillo	300	582-800
2	Pasta de ajonjolí	225	396-615
3	Harina de carne	50	500-600
4	Harina de alfalfa	25	243-391
5	Cártamo	25	310-597
6	Harina de pescado	25	371-851
7	Harinolina	18	476-789
8	Pmz. vitamínica	12	452-481
9	Roca fosfórica	10	973-1700
10	Pmz. mineral	10	1200-1440
11	Roca caliza	10	1325-1495
12	Sal	5	856-1198
13	Sorgo	285	592-608

3.3.3.3. Diseño del equipo mezclador.

Ya se mencionó los diferentes tipos de mezcladoras utilizadas para la elaboración de alimentos de uso pecuario; sin embargo, Wilcox (48) (49) destaca que para lograr eficiencia en el mezclador, es necesario que la mezcladora se encuentre en óptimas condiciones.

Un exceso de melazas en la mezcladora horizontal de paletas mues-

tra como el C.V. es mayor (4%) que cuando está limpia (3%) (Fig. 13). Las líneas punteadas indican el C.V. antes de que la mezcladora haya sido limpiada, la línea sólida representa el C.V. después de haber sido limpiada.

En la figura 14 indica cómo afecta el desgaste de los listones en el tiempo de mezclado. La línea punteada representa la prueba que se hace a una mezcladora que tiene sus listones 2.54 cm de ancho, la línea sólida es la prueba que se realiza a la misma mezcladora reemplazando los listones a 6.35 cm.

En la figura 15 demuestra el efecto de la velocidad rotacional de la mezcladora sobre el tiempo de mezclado. La mezcladora es horizontal con combinación de paletas y listones de 2 toneladas y 20 años de estar funcionando. Cuando éste tipo de mezcladora está nueva, los fabricantes recomiendan una velocidad de mezclado de 12 rpm; sin embargo, se demuestra que no produce buen mezclado a 25 rpm, sólo a 26, 34 y 40 rpm, lo realiza satisfactoriamente, siendo el último el mejor.

En la figura 16 se muestra el efecto de la cantidad de mezcla agregada sobre el tiempo de mezclado. Sólo 3 ton. de mezcla da un satisfactorio C.V. en un razonable tiempo de mezclado 10 min.

Con los ejemplos anteriores se da a conocer como los elementos de la mezcladora, el grado del desgaste de estos, así como la cantidad y el tipo de los ingredientes juegan un papel muy importante en el mezclado.

3.3.3.4. Tiempo óptimo de mezclado.

El tiempo óptimo de mezclado comienza cuando es agregado el último ingrediente a la mezcladora y termina cuando la mezcladora inicia a ser descargada. Es decir, es el tiempo para que la mezcla este homogénea. El tiempo óptimo de mezclado debe ser suficientemente corto para lograr obtener eficiencia y depende del tipo y condiciones de la mezcladora, de la fórmula a elaborar y la forma en como se agreguen los ingredientes (50).

3.3.3.4.1. Evaluación del tiempo óptimo de mezclado.

Para determinar el tiempo óptimo de mezclado hay que considerar los siguientes puntos para muestrear en la mezcladora (35) (50):

Figura 13

EFFECTO DE LOS ACUMULOS DE MELAZA-ALIMENTO EN LAS PALETAS SOBRE MEZCLADO (48)

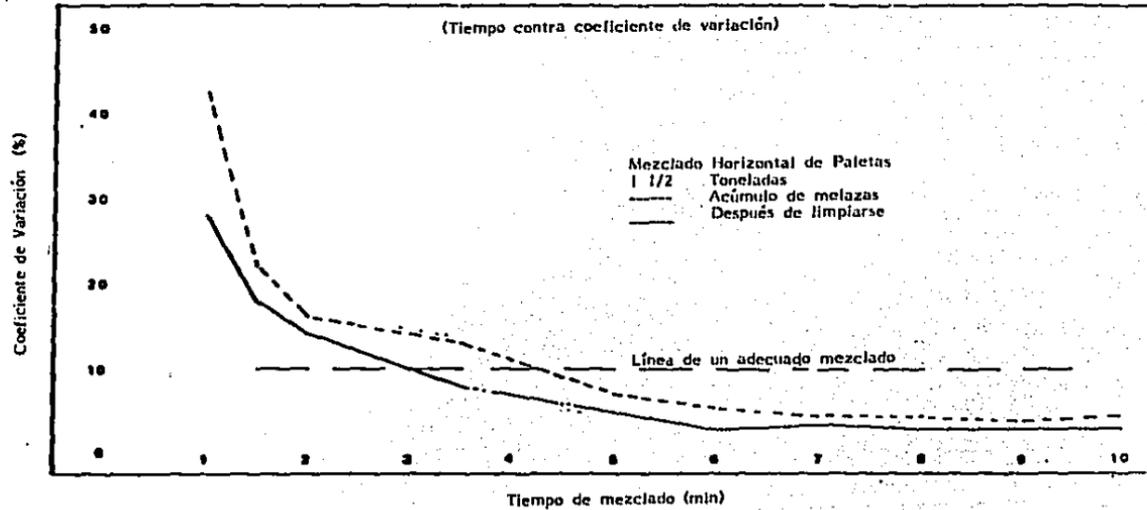


Figura 14
Efecto de desgaste de listones (48)

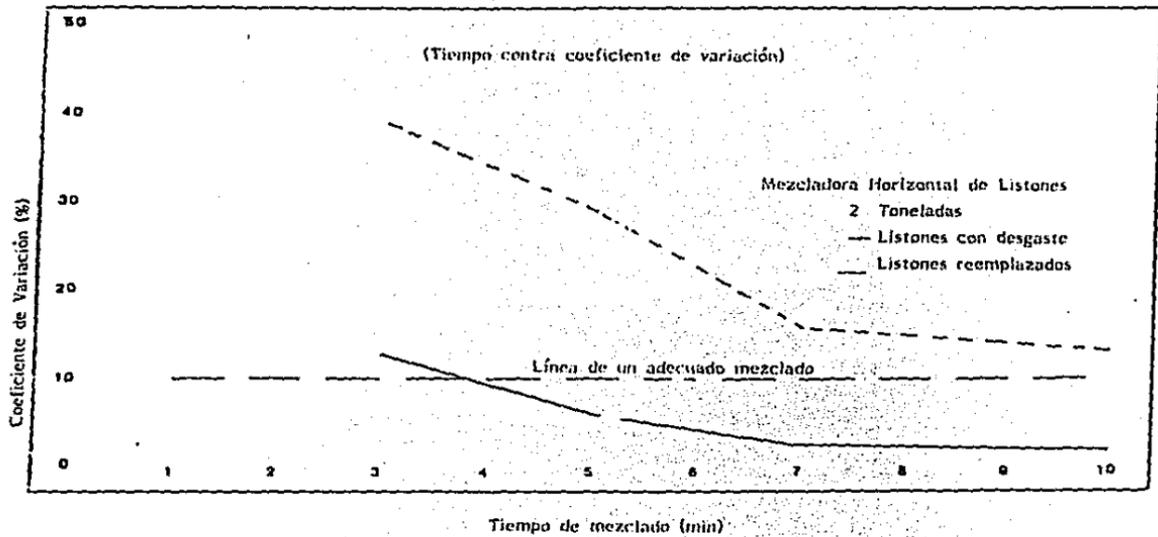


Figura 15

Efecto de la velocidad de rotación (48)

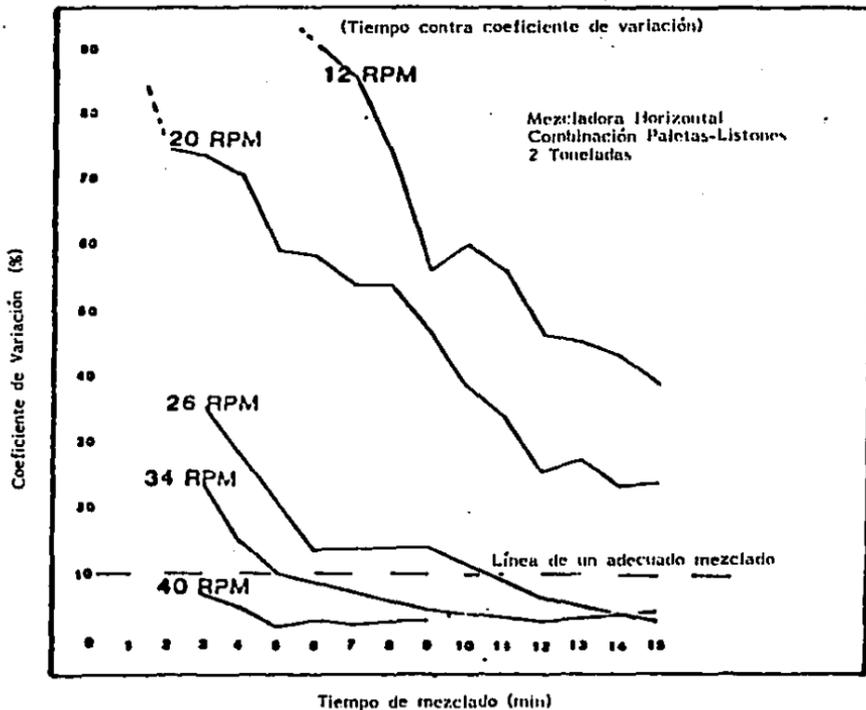
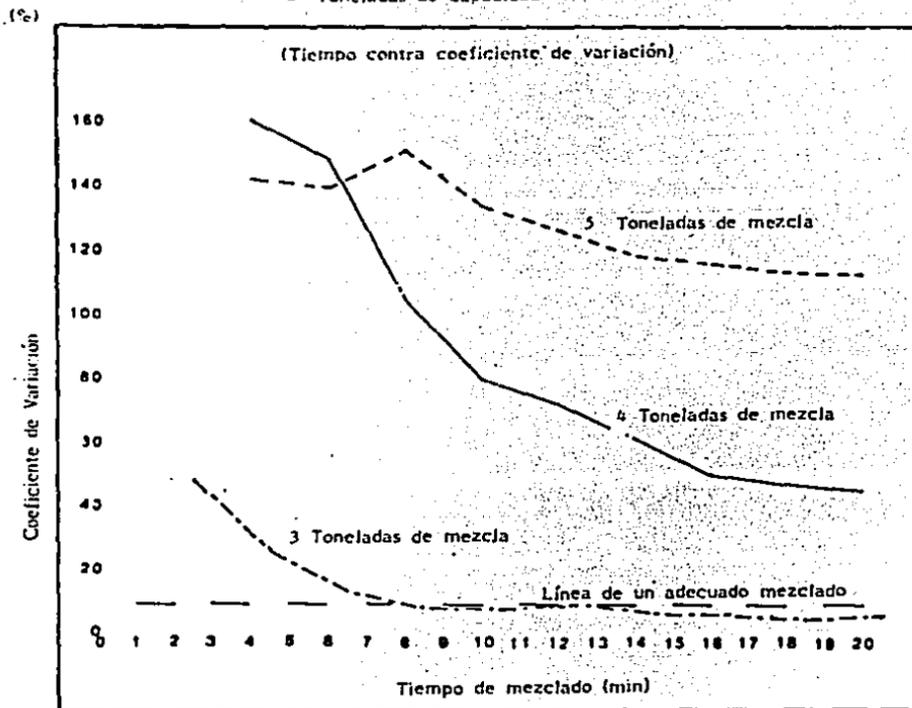


Figura 16. Mezcladora Vertical Helicoidal (43)
 2 Toneladas de capacidad



a).- Las mezcladoras horizontales realizan por lo normal un tiempo de mezclado más rápido, que las mezcladoras verticales.

b).- Se recomienda como mínimo 3 tiempos. En mezcladoras horizontales con un incremento de un minuto, en verticales de 3 minutos. Es importante que estos intervalos se encuentren por debajo y arriba del tiempo que se da de mezclado o se sugiere.

c).- Se debe seleccionar adecuadamente en que parte de la mezcladora se va a muestrear. Si es una mezcladora que apenas se va a estudiar y es horizontal, se sugiere que se tomen como mínimo 10 muestras en diferentes puntos. Si ya se tiene un estudio de ella, se muestrea en los lugares donde se dificulta el mezclado. En una mezcladora vertical se hace en el compartimento de la descarga lo más cercano a la mezcladora.

d).- Cada una de las muestras se recomienda que tenga un mínimo de 200 g y esté bien identificada.

Los indicadores que se pueden realizar para demostrar que la mezcla está homogénea, son de dos tipos: Físicos y Cuantitativos. En ambos la cantidad de muestra que se debe tomar, es similar al tamaño de alimento que consume el animal destinatario.

3.3.3.4.1.1. Indicadores Físicos.

Consiste en la inspección de variación en color, textura y presencia de ingredientes en diferentes muestras de un mismo lote de alimento, tomadas durante la descarga de la mezcladora (inicio, mitad y final). Este procedimiento detecta pésimos mezclados.

3.3.3.4.1.2. Indicadores Cuantitativos.

Para determinar el tiempo óptimo de mezclado se requiere hacer pruebas químicas que indiquen la presencia de cada uno de los nutrimentos o partículas que participan en el alimento terminado o premezcla. Dentro de los indicadores cuantitativos se pueden clasificar: indicadores directos e indirectos.

Indicadores Directos.

Son aquellas determinaciones que cuantifican la composición química

de la mezcla; además de ser parámetros nutricionales en la dieta balanceada del animal, siendo éstos los siguientes:

- Determinación de proteínas
- Determinación de cenizas
- Determinación de grasa
- Determinación de vitaminas
- Determinación de minerales
- Determinación de algún aditivo en especial, etc.

Indicadores Indirectos.

Son aquellas determinaciones que califican sólo a la homogeneidad de mezclado. Dentro de estos indicadores se encuentran como los más usados a:

- Determinación de sal (NaCl)
- Determinación de micro-rastreadores, etc.

3.3.3.4.1.2.1. Indicadores Directos.

Es poco aconsejable evaluar la homogeneidad de mezclado sobre las variaciones de concentraciones de proteínas, grasa y fibra, ya que estos nutrimentos se encuentran presentes en la mayoría de los ingredientes del alimento y requieren poco tiempo de mezclado. Sin embargo, ingredientes que se encuentran en pequeñas cantidades y que además se dificulta su dispersión como con vitaminas, minerales (sal, calcio, manganeso, cenizas, etc.) y aditivos son buenos indicadores para evaluar la homogeneidad de mezclado (12).

Para la determinación de cada uno de los indicadores directos se requiere de un laboratorio que tenga los instrumentos analíticos adecuados, muchos de éstos son muy costosos y no muy fácil de manejar; sin embargo, se obtienen resultados muy precisos.

3.3.3.4.1.2.2. Indicadores Indirectos.

Sal. (NaCl)

El uso de sal como indicador para evaluar el mezclado es muy con-

veniente debido a que la sal es un ingrediente común en el alimento, además de que su determinación se puede realizar fácilmente tanto en el laboratorio como en el mismo proceso de mezclado (metodo kit) obteniendo buenos resultados (15) (48) (50).

Micro-rastreadores.

Se llama micro-rastreadores a cualquier substancia marcada usada para seguir el curso o huella de otra substancia. En la evaluación de mezclado en alimentos de uso pecuario se utilizan 2 tipos de micro-rastreadores: micro-rastreadores F y micro-rastreadores de doble potencia RF-Se.

Micro-rastreadores F.

Los micro-rastreadores F son partículas de hierro de un tamaño uniforme, fácilmente identificable e inofensivas para los animales, cubiertas con uno o más colores vegetales, estabilizados con carbonato de sodio. Los colores incluidos son: azul, rojo, amarillo, verde y varias combinaciones, no interfieren ni los pigmentos naturales de las plantas, ni los aditivos coloreados con la determinación de micro-rastreadores. Permanecen estables en alimentos peleteados o revueltos, por más de seis meses (28) (29) (30).

Los micro-rastreadores F son utilizados a micro-niveles, 1 g contiene 25,000 partículas y están sujetos a un coeficiente de variación de 10%. Se recomienda que para evaluar la cantidad de mezclado se agregue no menos de 5 g de micro-rastreadores al alimento terminado o a la premezcla (28) (29) (30).

La recuperación de las partículas se realiza de acuerdo a la metodología citada en la página 64. Es un método que se puede utilizar fácilmente durante el proceso de mezclado, es rápido y se obtienen buenos resultados con bajos costos.

Mico-rastreadores de doble potencia RF-Se.

Es una mezcla que contiene el 2% de Selenio (4.38% de selenito de sodio) absorbido en partículas finas de hierro elemental con trazas de carbonato de sodio. Contiene de dos a tres millones de partículas por gramo y el contenido de Selenio tiene una variación máxima de +5% de C.V. de las especificaciones.

La recuperación de las partículas de hierro, es similar al anterior, difiriendo en que aquí se toma en cuenta únicamente el peso, ya que hay mayor cantidad de partículas y sería imposible contarlas, además de que no están coloreados (31).

El valor recuperado no puede fluctuar más del 10% entre los valores máximos y mínimos obtenidos y el promedio calculado del contenido de Selenio estará dentro de un 10% de la especificación de premezcla.

La determinación de micro-rastreadores por el método de doble potencia RF-Se, tiene la desventaja de que un mal manejo puede llegar a ser tóxico al animal.

Para seleccionar el indicador adecuado para evaluar el mezclado hay que considerar: la repetibilidad de la determinación para su precisión, los posibles diversos orígenes del indicador para su interpretación correcta; la rapidez y costo de la determinación para su implementación.

3.3.3.4.2. Evaluación estadística.

Para evaluar la homogeneidad de mezclado, es importante tratar de evitar errores de muestreo para que la variación total analítica sea la suma de la variación del mezclado (VM) más las variaciones del procedimiento analítico (VA), es decir: (12)

Variación total = variación de mezclado + variación analítica

$$V T = V M + V A$$

Para la variación analítica es importante realizar réplicas de análisis y evitar variaciones inherentes al muestreo, metodología, equipo y procedimiento, para que la variación del mezclado sea una medida de uniformidad del alimento y se pueda calcular con la fórmula:

$$V M = V T - V A$$

Generalmente para la interpretación de los resultados se utiliza como concepto estadístico el coeficiente de variación que indica la variancia

existente entre una serie de datos. El coeficiente de variación es adimensional, por lo que se pueden comparar las variancias de diferentes indicadores en un mismo alimento.

Varios autores indican (3) (4) (12) (50) que coeficientes de variación de 10% a menores muestran de un satisfactorio a excelente mezclado.

M A T E R I A L

Para establecer el indicador más preciso, funcional y además determinar el tiempo óptimo de mezclado se analizaron los productos de uso pecuario que se describen a continuación.

- 1). Alimento terminado
- 2). Premezcla de minerales
- 3). Premezcla de selenio

4.1. Alimento terminado.

La determinación de la homogeneidad de mezclado se hizo con un producto porcino en desarrollo, siendo los ingrediente que componen a este alimento los siguientes:

	Ingredientes	Cantidad (kg)	%
1	Sorgo 9%	514.00	51.40
2	Acemite	250.00	25.00
3	Soya	60.00	6.00
4	Canola	50.00	5.00
5	Salvado de maíz	25.00	2.50
6	Roca fosfórica	17.00	1.70
7	Sal	4.10	0.41
8	Carbonato de calcio	2.00	0.20
9	Pmz. metionina	0.10	0.01
10	Pmz. lisina	3.00	0.30
11	Sulfametazina	1.00	0.10

	Ingredientes	Cantidad (Kg)	%
12	Pmz. de minerales traza	1.00	0.10
13	Glutamato monosódico	1.00	0.10
14	Pmz. de vitaminas	1.00	0.10
15	Rekapel	1.00	0.10
16	Oxibendazol	1.00	0.10
17	Stafac	0.80	0.80
18	Furazolidona	0.50	0.05
19	Sulfato de cobre	0.50	0.05
20	Micro-rastreadores	0.20	0.02
21	Melazas	50.00	5.00
22	Grasa animal	17.00	1.70
	T o t a l	1000.20	100.02

Para el proceso de mezclado, el sorgo es molido y enviado en un transportador de cangilones a la tolva de la mezcladora, los demás ingredientes son agregados al azar y adicionados al transportador de cangilones junto con el sorgo molido.

La mezcladora es horizontal de tipo helicoidal de listones, las revoluciones por minuto son 48 y su capacidad de 2 toneladas.

Muestreo.

El muestreo se realizó durante la descarga, estando lo más cerca de la mezcladora, tomándose cada 10 segundos 10 muestras de 200 g cada una, a diferentes tiempos, siendo éstos 2.0, 3.0, 3.5 y 4.0 minutos. La mezcla es de una tonelada (un lote).

Análisis.

Los análisis que se siguieron en esta parte del trabajo son tanto físicos como químicos, los realizados a materias primas se indican en la tabla 1, los del alimento terminado son los siguientes:

Tabla 1

ANÁLISIS REALIZADOS A MATERIAS PRIMAS DE UN ALIMENTO TERMINADO

Ingredientes	Proteínas	Sal	Cenizas	Calcio	Fósforo	Tamaño de partículas	Densidad
Sorgo	X	X	X	X	X	X	X
Acemite	X	X	X	X	X	X	X
Soya	X	X	X	X	X	X	X
Canola	X	X	X	X	X	X	X
Salvado de maíz	X	X	X	X	X	X	X
Roca fosfórica	--	X	X	X	X	X	X
Sal	--	X	X	--	--	X	X
Carbonato de calcio	--	X	X	X	X	X	X
Pmz. de metionina	X	X	X	X	X	X	X
Pmz. de lisina	X	X	X	X	X	X	X
Sulfametazina	--	X	X	--	--	X	X
Pmz. de minerales trazas	--	X	X	X	X	X	X
Glutamato monosódico	--	X	X	--	--	X	X
Pmz. de vitaminas	X	X	X	X	X	X	X
Rekapel	--	X	X	X	X	X	X
Oxibendazol	--	X	X	--	--	X	X
Stafac	--	X	X	X	X	X	X
Furazolidona	--	X	X	--	--	X	X
Sulfato de cobre	--	--	X	--	--	X	X

Químicos:

1. Micro-rastreadores
2. Sal
3. Proteína
4. Cenizas
5. Calcio
6. Fósforo

Físicos:

1. Tamaño de partícula
2. Densidad

El primer análisis que se realizó a las muestras para evaluar la homogeneidad de mezclado es micro-rastreadores, ya que la muestra es recuperada totalmente para realizar los otros análisis. Para muestrear se realizó el método de cuarteo.

4.2. Premezcla de minerales.

La premezcla de minerales está elaborada para que consuman las aves, conteniendo los siguientes ingredientes:

	Ingredientes	Cantidad (Kg)	%
1	Carbonato de calcio	2559.93	85.330
2	Oxido de manganeso	182.73	6.090
3	Sulfato de cobre	126.48	4.220
4	Oxido de cinc	116.25	3.880
5	Sal	12.00	0.400
6	E.D.D.I.	2.31	0.070
7	Micro-rastreadores	0.30	0.010
	T o t a l	3000.00	100.00

Los ingredientes se adicionan manualmente en el orden siguiente: 1000 kg de carbonato de calcio, óxido de manganeso, sulfato de cobre, óxido de cinc, una mezcla de sal, E.D.D.I. y micro-rastreadores y al final el resto de carbonato de calcio.

La mezcladora es horizontal de tipo helicoidal de listones con descarga lateral. Las dimensiones de los listones son: 2 internos de 4.88 m de largo y 10 cm de ancho, 2 externos de 6.11 m de largo y 4 cm de ancho, sus revoluciones por minuto 32 y su capacidad de 7.2 m³.

Muestreo.

El muestreo se realizó tomando 10 muestras (con un calador de 1 m de largo y 9 cavidades) de 200 g cada una en los puntos indicados en la figura 17, a diferentes tiempos, siendo éstos 4.0, 8.0, 12.0, 16.0, 20.0 y 24.0 minutos. Tomando además 10 muestras durante la descarga de la mezcladora. La mezcladora es de 3 toneladas de un lote.

Análisis.

Los análisis tanto físicos como químicos realizados a las materias primas se indican en la tabla II, los de la premezcla se muestran a continuación:

Químicos:

1. Sal
2. Calcio
3. Manganeso
4. Cinc
5. Cobre

Físicos:

1. Tamaño de partícula
2. Densidad

El análisis de los micro-rastreadores no se realizó, ya que los minerales tienen un magnetismo con el imán del aparato, que interfiere con la determinación. Para realizar los análisis de sal y minerales se realizó por cuarteo.

4.3. Premezcla de Selenio.

La evaluación de mezclado de esta premezcla que va dirigida hacia

Tabla II

ANALISIS REALIZADOS A MATERIAS PRIMAS DE LA PREMEZCLA DE MINERALES

<u>Ingredientes</u>	<u>Ca</u>	<u>Mn</u>	<u>Zn</u>	<u>Cu</u>
Carbonato de calcio	X	--	--	--
Oxido de manganeso	X	X	--	X
Sulfato de cobre	X	X	--	X
Oxido de cinc	X	X	X	--
Sal	--	--	--	--
E. D. D. I.	--	--	--	--

Las materias primas fueron mezcladas por separado y tomado 10 muestras de cada una de ellas para su análisis.

aves y cerdos, contiene los siguientes ingredientes:

Ingredientes	Cantidad	%
1 Carbonato de calcio	3866.335	95.554
2 Óxido de hierro	120.000	4.000
3 Sal	12.000	0.400
4 Selenito de sodio	1.365	0.045
5 Micro-rastreadores	0.300	0.001
T o t a l	3000.000	100.00

Los ingredientes son adicionados en una forma manual en el siguiente orden: 1000 kg de carbonato de calcio, óxido de hierro, mezcla de sal, selenito de sodio y micro-rastreadores y el resto de carbonato de calcio.

La mezcladora es horizontal de tipo helicoidal de listones. Las dimensiones de los listones son: 2 internos de 3.11 m de largo y 10 cm de ancho, 2 externos de 6.15 m de largo y 4 cm de ancho, sus revoluciones por minuto 32 y capacidad de 7.2 m³.

Muestreo.

El muestreo de mezclado se realizó tomando 10 muestras (con un calador de 1 m de largo y 9 cavidades) de 200 g cada una en los puntos indicadores en la figura 17, a diferentes tiempos, siendo éstos 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 y 15.0 minutos. Asimismo se tomaron 10 muestras durante la descarga de la mezcladora. La mezcla es de 3 toneladas de un lote.

Análisis.

Los análisis tanto físicos como químicos de las materias primas y mezcla se indican a continuación:

Análisis a materias primas.

Ingredientes	Sal	Selenio	Tamaño de partícula	Densidad
1. Selenito de sodio	X	X	X	X
2. Oxido de hierro	X	X	X	X
3. Carbonato de calcio	X	X	X	X
4. Sal	X	X	X	X

Las materias primas fueron mezcladas por serparado y tomado 10 muestras de cada una de ellas para su análisis.

Análisis a la mezcla.

Químicos:

1. Micro-rastreadores
2. Sal
3. Selenio

Físico:

1. Densidad
2. Tamaño de partícula

Los análisis de micro-rastreadores y sal se realizaron con una misma muestra, pero selenio no, ya que éste tiene magnetismo con el imán del aparato y puede haber pérdidas para su determinación. Para muestrear se realizó el método de cuarteo.

Ingredientes	Sal	Selenio	Tamaño de partícula	Densidad
1. Selenito de sodio	X	X	X	X
2. Oxido de hierro	X	X	X	X
3. Carbonato de calcio	X	X	X	X
4. Sal	X	X	X	X

Las materias primas fueron mezcladas por separado y tomado 10 muestras de cada una de ellas para su análisis.

Análisis a la mezcla.

Químicos:

1. Micro-rastreadores
2. Sal
3. Selenio

Físico:

1. Densidad
2. Tamaño de partícula

Los análisis de micro-rastreadores y sal se realizaron con una misma muestra, pero selenio no, ya que éste tiene magnetismo con el imán del aparato y puede haber pérdidas para su determinación. Para muestrear se realizó el método de cuarteo.

Figura 17

1			8
2	4	6	9
3	5	7	10

Posiciones donde se tomaron las muestras a diferentes tiempos en las premezclas de Minerales y Selenio.

M E T O D O L O G I A

5.1. ANALISIS QUIMICOS.

5.1.1. Micro-rastreadores (28) (29) (30).

Aplicaciones y Cálculos de la cantidad de micro-rastreadores a utilizar.

Teniendo como base el hecho de que los micro-rastreadores contienen 25,000 partículas por gramo, sujetas a un coeficiente de variación de 10%, se puede realizar los cálculos necesarios para evaluar el mezclado en producto terminado y premezcla.

Para el producto terminado que es de una tonelada (1000 kg), al cual se le agregan 20 g de micro-rastreadores rojos. La cantidad de muestra que se pesa para que estas muestras proporcionen una cuenta promedio de 12 partículas, se indica en los cálculos siguientes.

$$\begin{array}{r} 1 \text{ g de micro-rastreadores} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 25,000 \text{ partículas} \\ 20 \text{ g de micro-rastreadores} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array}$$

$$X = 500,000 \text{ partículas}$$

$$\begin{array}{r} 500,000 \text{ partículas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 100,000 \text{ g de alimento} \\ 14 \text{ partículas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array}$$

$$X = 28 \text{ g de alimento que se debe pesar}$$

En la premezcla de selenio que es de 3 toneladas (3000 kg), se agregan 30 g de micro-rastreadores azules. La cantidad de muestra que se pesa para que éstas muestras de un promedio de 12 partículas se indica a continuación:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ g de micro-rastreadores} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 25,000 \text{ partículas} \\ 30 \text{ g de micro-rastreadores} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array}$$

$$X = 750,000 \text{ partículas}$$

$$\begin{array}{r} 750,000 \text{ partículas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad 300,000 \text{ g de premezcla} \\ 14 \text{ partículas} \quad \underline{\hspace{2cm}} \quad X \end{array}$$

$$X = 56 \text{ g de premezcla que se debe pesar}$$

Considerando el coeficiente de variación 10%, el rango de partículas que se hallarán en esos 28 y 56 g de muestra de alimento terminado y premezcla de selenio respectivamente será de 12.6 a 15.40 partículas (12 a 16 en números cerrados).

Material.

- 1.- Una balanza adecuada para pesar de 1 a 500 g de muestra.
- 2.- Papel filtro Whatman # 1 en círculos de 7 cm y con orificio al centro de 3/16".
- 3.- Una piseta con etanol al 69%.
- 4.- Un detector rotatorio para micro-rastreadores.

Metodo.

- 1.- Pesar la cantidad adecuada de muestra para encontrar 12 partículas.
- 2.- Abra la tapa o cabeza del detector.
- 3.- Ponga el papel filtro sobre el magneto rotatorio y tape con el cabezal.
- 4.- Pasar la muestra por la cabeza del detector. Debe hacerse lentamente, para dar tiempo a que todas las partículas imantadas se adhieran al magneto rotatorio.
- 5.- Apague el detector tan pronto como la muestra haya pasado por él. Abra la tapa y conecte el detector por un momento. Rocíe varias gotas de alcohol al centro del papel filtro para que difunda hacia afuera de los bordes del anillo de las partículas de hierro adheridas.

Se destacará un tinte de micro-rastreador, dejando puntos y/o rayas de color distintivo y radiante.

6.- Retire el papel tan pronto como el alcohol haya difundido completamente y colóquelo en una platina moderadamente caliente para secarlo. Cepille el papel. Obsérvese el color para una identificación cualitativa y cuente las manchas o rayas para un control estadístico cuantitativo.

Evaluación del funcionamiento del aparato microtrazador.

Pesar 20 g de acemite (como mínimo 10 veces), agregar cuantitativamente 12 partículas, mezclar bien y pasarlo por el aparato micro-rastreador como se indica en la metodología. Hacer lo mismo con carbonato de calcio.

Evaluación de las partículas.

Para verificar que 1 g de micro-rastreadores contienen 25,000 partículas, pesar 0.1 g de micro-rastreadores (2,500 partículas) y contar con una lupa y contador.

Otro de los análisis que se le hace a las partículas, es el color que consiste en tomar 100 partículas, ponerlas sobre un papel blanco, separarlas cuidadosamente y agregar unas cuantas gotas de alcohol para que pinten sobre el papel. Se hace un conteo de las partículas que pintan y las que no.

5.1.2. Proteína y Cenizas.

Tanto el procedimiento para la obtención de por ciento de proteína y cenizas en materias primas y mezcla se siguieron métodos oficiales de A.O.A.C. (5).

5.1.3. Sal (9).

Preparación de la muestra.

Pesar .5 g de muestra para materias primas y para alimento terminado 5 g e introducirlos a un matraz aforado de 100 y 250 ml respectivamente, adicionar 50 ml de agua destilada, agitar el matraz y meterlo

a un baño maría durante 15 minutos, enfriar y adicionar agua destilada hasta el áforo. Agitar y filtrar en vaso precipitado de 500 ml hasta que se filtren unos 75 ml de líquido.

Método de Mohr's.

El líquido filtrado debe tener un pH entre 6.5 y 9 en caso de que no esté, se le adicionan unas cuantas gotas de ácido clorhídrico o bicarbonato de sodio para ajustar el pH. Se toma una alícuota de 25 ml, se pone en un matraz erlenmeyer de 150 ml con 9 gotas de una solución de cromato de potasio como indicador. Titular con solución de nitrato de plata 0.1N.

Fórmula para calcular el porcentaje de sal en el alimento terminado:

$$\% \text{ NaCl} = \frac{(\text{ml AgNO}_3 - \text{blanco}) \cdot \text{N}_{\text{AgNO}_3} \cdot 0.0585 \cdot 10 \cdot 100}{\text{peso de la muestra}}$$

Fórmula para calcular el porcentaje de sal en materias primas:

$$\% \text{ NaCl} = \frac{(\text{ml AgNO}_3 - \text{blanco}) \cdot \text{N}_{\text{AgNO}_3} \cdot 0.0585 \cdot 4 \cdot 100}{\text{peso de la muestra}}$$

Pureza de sal.

Pesar 0.1 g de muestra aproximadamente en un matraz erlenmeyer y titular con AgNO_3 0.1N, usando como indicador cromato de potasio al 5% (coloración amarillo a naranja con precipitado blanco en el fondo).

$$\text{Pureza de sal} = \frac{(\text{ml AgNO}_3 - \text{blanco}) \cdot \text{N}_{\text{AgNO}_3} \cdot 0.0585 \cdot 100}{\text{peso de la muestra}}$$

5.1.4. Minerales.

Determinación de Calcio (Ca), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn) y Selenio (Se) por absorción atómica (5).

Material:

Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 2380, generador de hidruros MHS-10.

Procedimiento:

Condiciones de trabajo usadas en el espectrofotómetro de absorción atómica.

	<u>Ca</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>Mn</u>	<u>Se</u>
Longitud de onda	422.7	324.8	213.9	279.5	196.5
Corriente mínima	15 mA	25 mA	18 mA	25 mA	16 mA
Slit	0.7	0.7	0.7	0.7	2.0
Energía alcanzada	77	70	68	70	70
Matriz	óxido de lantano	a g u a d e s i o n i z a d a			
Flama (aire-acetileno)	o x i d a n t e, p o b r e y a z u l				

Preparación de material:

El material que se utiliza en estas determinaciones se somete a un lavado previo con HCl al 10%, ejuagándolo con agua desionizada.

Preparación de la muestra:

Para la determinación de calcio en el alimento terminado, se pesa 2 g de muestra para materias primas y alimento. Se pone en crisoles de porcelana y se procede a la obtención de cenizas siguiendo el método de A.O.A.C. (5).

Para la determinación de calcio, cobre, cinc, manganeso y selenio en las premezclas de minerales, se pesa 0.1 g de muestra por duplicado tanto a materia prima (excepto cinc) como premezcla. Una vez pesadas las muestras, son colocadas en un vaso precipitado de 150 ml, se agrega de 2 a 3 gotas de ácido nítrico concentrado y 40 ml de HCl (1:3), se pone a calentar hasta lograr su total disolución. Se filtra la disolución transfiriéndola cuantitativamente a un matraz aforado de 100 ml y se afora con agua desionizada. La solución obtenida servirá para la determinación de minerales.

5.1.4.1. Calcio.

Reactivos:

a).- Solución de óxido de lantano. Pesar 59 g de óxido de lantano, agregar 500 ml de agua desionizada y 250 ml de ácido clorhídrico concentrado, agitar hasta disolver y aforar a un litro.

b).- Solución Stock de Calcio. (Conc = 1000 mg/l). Disolver 2.498 g de carbonato de calcio y agregar 50 ml de agua desionizada. Agregar gota a gota ácido clorhídrico (aproximadamente 10 ml). Aforar a un litro con agua desionizada.

c).- Solución standard de calcio. (Conc = 5 mg/ml). Tomar 1 ml de solución stock y llevarlo a 200 ml con agua desionizada.

$$\text{Cálculos: } \text{Ca \%} = \frac{A (100) (100) \text{ f.d.}}{(1000) (1000) w}$$

donde: A = miligramos obtenidos en la lectura

f.d. = aforo con óxido de lantano
alícuotas

w = peso de la muestra en gramos

5.1.4.2. Cobre.

Reactivos:

a).- Solución stock de Cobre. (Conc = 1000 mg/l). Disolver 1 g de metal de cobre con un mínimo volumen de ácido nítrico (1:1). Llevarlo a un litro con agua desionizada.

b).- Solución standard de Cobre: (Conc = 5 mg/l). Tomar 1 ml de la solución stock y llevarlo a 200 ml con agua desionizada.

$$\text{Cálculos: Cu \%} = \frac{A (100) (100) \text{ f.d.}}{(1000) (1000) w}$$

donde: A = miligramos obtenidos en la lectura

$$\text{f.d.} = \frac{\text{aforo}}{\text{alícuota}}$$

w = peso de la muestra en gramos

5.1.4.3. Cinc.

Reactivos:

a).- Solución Stock de Cinc. (Conc = 1000 mg/l). Disolver 1 g de metal de cinc en un volumen mínimo de HCl (1:1) y afora a un litro con HCl 1%.

b).- Solución standard de Cinc. (Conc = 1 mg/l). Tomar 0.5 ml de la solución stock y llevarlo a 500 ml con agua desionizada.

$$\text{Cálculos: Zn \%} = \frac{A (100) (100) \text{ f.d.}}{(1000) (1000) w}$$

donde: A = miligramos obtenidos en la lectura

$$\text{f.d.} = \frac{\text{aforo}}{\text{alícuota}}$$

w = peso de la muestra en gramos

5.1.4.4. Manganeso.

Reactivo:

a).- Solución stock de Manganeso. (Conc = 1000 mg/ml). Disolver 1 g de metal de manganeso con un mínimo de volumen de ácido-nítrico (1:1) y aforar a un litro con HCl 1%.

b).- Solución standard de Manganeso. (Conc = 2 mg/l). Tomar 1 ml de la solución stock y llevarlo a 500 ml con agua desionizada.

$$\text{Cálculos: } \text{Mn \%} = \frac{(A) (100) (100) \text{ f.d.}}{(1000) (1000) w}$$

donde: A = miligramos obtenidos en la lectura

$$\text{f.d.} = \frac{\text{aforo}}{\text{alícuota}}$$

w = peso de la muestra en gramos

5.1.4.5. Selenio.

Reactivos:

a).- Solución stock de Selenio. (Conc = 1000 mg/l). Disolver 1 g de metal de Selenio con un mínimo volumen de HNO_3 concentrado. Evaporar en seco, adicionar 2 ml de agua y evaporar 2 ó 3 veces adicionales. Disolver con HCl 10% y aforar a un litro con HCl 10%.

b).- Solución de Borohidruro de Sodio. (3% NaBH_4 en 1% NaOH). Se pesa 10 g de hidróxido de sodio y se afora a un litro con agua desionizada, se pesa 30 g de borohidruro de sodio, se agrega a la solución de hidróxido de sodio y se filtra.

c).- Solución standard. (Conc = 1 $\mu\text{g/ml}$). De la solución stock, se toma una alícuota de 0.1 ml, se coloca en un matraz volumétrico de 100 ml y se afora a la marca con una solución de HCl al 1.5% (40 ml de HCl en 1000 ml).

d).- Preparación de la curva patrón de selenio. De la solución standard

se toman por triplicado 25, 50 y 100 μ l., que corresponden a 25, 50 y 100 ng/ml, colocándose cada una de las muestras en el aparato generador de hidruros, el cual ya contiene en uno de sus compartimientos la solución de borohidruro de sodio, que reaccionará con la muestra de selenio. A cada una de las muestras se agrega 10 ml de HCl al 1.5%. Se ajusta el aparato y se lee la absorbancia de cada una de las muestras. Con los resultados obtenidos se elabora una gráfica de absorbancia contra concentración (ng/ml).

$$\text{Cálculos: } \% \text{ Selenio} = \frac{A \cdot \text{f.d.} (100)}{(1000000000) w}$$

donde: A = Lectura obtenida de la curva patrón de Selenio en ng

$$\text{f.d.} = \frac{\text{aforo}}{\text{alícuota}}$$

w = peso de la muestra en gramos

5.1.4.6. Fósforo.

Metodo Colorimétrico (5).

Metal: + Espectrofotómetro 1A uv/vis Perkin Elmer
+ Celda de cuarzo de 1 cm

Reactivos:

a).- Molibdovanadato de Amonio. Colocar 20 g de molibdovanadato de amonio en un matraz aforado de 250 ml, agregar 200 ml de agua destilada con agitación constante hasta completar disolución. Pesar 1 g de metavanadato de amonio y colocarlo en un matraz aforado de un litro, agregue 160 ml de HCl concentrado; gradualmente agregue la solución de metavanadato, agitando constantemente, afore con agua destilada a un litro. Esta solución puede descomponerse con la luz, manténgase en frasco ámbar o bien protegida de la luz.

b).- Solución stock de Fósforo. (Conc = 2 mg/ml). Poner a secar en estufa a 105°C durante 2 horas fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4). Pesar 0.8788 g de KH_2PO_4 en un matraz volumétrico de 100 ml, disolver con agua destilada y aforar a 100 ml.

c).- Solución standard de Fósforo. (Conc = 0.05 mg/ml). Tomar una

alícuota de 5 ml de la solución stock de fósforo y colocarla en un matraz volumétrico de 200 ml, aforar a la marca con agua destilada.

d).- Preparación de la curva patrón de fósforo. Prepare standards de fósforo en 6 matraces volumétricos de 25 ml que contengan 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0 ml respectivamente de la solución standard de fósforo. Cuando se afore, las soluciones standards contendrán 0, 2, 4, 6, 8 y 10 μ g/ml. A cada uno de los matraces agregar 0.5 ml de HCl Conc., 5 ml del reactivo de molibdatovanadato y aforar. Agitar perfectamente y dejar reposar 10 minutos. Poner el espectrofotómetro uv/vis a 400 nm. Ajustar el instrumento a cero con el standard de acero. Leer los standards y anotar, en cada caso la absorbancia obtenida. Elaborar una gráfica de absorbancia contra-concentración (μ g/ml).

Procedimiento para las muestras:

Pesar 2 g de muestra. Calcinar y colocar las muestras en una mufla por 4 hrs. como mínimo a 450-500 grados C. Enfriar y humedecer las cenizas con 5 ml de agua destilada, agregar 1 ml de HCl concentrado dejándolo escurrir por las paredes del crisol, si no se disuelven las cenizas, caliente un poco. Pasar cuantitativamente a un matraz volumétrico de 100 ml (filtrar si es necesario) y aforar. Pipetear 1 ml de la solución y pasarlo a un matraz aforado de 25 ml, agregar 0.5 ml de HCl conc. y 5 ml del reactivo de molibdatovanadato de amonio y aforar. Dejar reposar por 10 minutos. Leer como en la curva patrón las absorbancias a 400 nm ajustando anteriormente el espectrofotómetro a 0 con un blanco.

$$\text{Cálculos: } P \% = \frac{A (100) (100) f.d.}{w (1000000)}$$

donde: A = μ g encontrados de la curva patrón de fósforo

$$f.d. = \frac{\text{aforo}}{\text{alícuota}}$$

w = peso de la muestra en gramos

5.1.4.7. Determinación de Cinc (como materia prima).

Disuelva 0.5 g de ZnO recién calcinado en una solución reciente de 0.833 g de cloruro de amonio en 25 ml de ácido sulfúrico 1N. Caliente a ligera ebullición, deje enfriar y titule el exceso de ácido con solución de NaOH 1N en presencia de naranja de metilo.

Cálculos: $Zn \% = \frac{NNaOH \cdot \text{miliequivalentes} \cdot (\text{blanco} - \text{mlNaOH gastados})}{\text{peso de la muestra}}$

miliequivalente para Zn = 0.03268

miliequivalente para ZnO = 0.04068

5.2. Análisis Físicos.

5.2.1. Densidad relativa (1).

En cereales y alimento terminado.

Se afora una probeta de 100 ml con el ingrediente. El ingrediente de la probeta se pesa y se coloca nuevamente en la probeta. Después con ayuda de una bureta, se adiciona a la probeta con el ingrediente un líquido en que el ingrediente sea más pesado (petróleo) para llenar los espacios vacíos. El líquido se adiciona también hasta el aforo de la probeta y se toma la lectura de la bureta.

Cálculos: $D = \frac{m}{v}$

donde: m = peso del ingrediente

v = aforo total de la probeta menos ml gastados de la bureta.

Ingredientes en forma de polvo.

Los ingredientes que estén en forma de polvo, se sigue el mismo procedimiento que el anterior sin agregarle el líquido.

Cálculos: $D = \frac{m}{v}$

donde: m = peso del ingrediente

v = aforo total de la probeta

5.2.2. Tamaño de partícula (5) (51).

Materia].

1). Para la determinación del tamaño de partícula se utilizan diferentes mallas de distintas aberturas, siendo éstas las siguientes:

<u>Malla</u>	<u>Tamaño de partícula (mm)</u>
10	1.68
16	1.13
18	0.96
30	0.59
40	0.42
60	0.250
80	0.177
100	0.149

2). Aparato vibratorio.

Procedimiento.

Se colocan las mallas de arriba hacia abajo de mayor a menor tamaño de abertura en el aparato vibratorio. Se pesa 100 g de ingrediente, se coloca en la malla superior, se enciende el aparato durante 10 minutos. Se apaga y se pesa la cantidad de ingrediente que queda en cada una de las mallas.

5.3. Análisis Estadístico.

1) Media

$$X = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{donde: } x_i = \text{sumatoria de las observaciones}$$

n = número de observaciones

2) Desviación standard

$$S = \sqrt{\frac{m}{n(n-1)}} \quad \text{donde: } m = n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2$$

3) Coeficiente de variación

$$C.V. = \frac{S}{X} (100) \quad \text{donde: } S = \text{desviación standard}$$

X = media

4) Intervalo de confianza para las medias, (pequeñas muestras)

$$X \pm tc \frac{S}{\sqrt{n}} \quad \text{donde: El valor } tc \text{ puede leerse del apéndice A}$$

5) Media esperada

$$\mu = \sum_{i=1}^m \frac{Z_i D_i}{100} \quad \text{donde: } Z = \% \text{ del indicador de los ingredientes}$$

D = % del ingrediente en la fórmula

m = ingredientes en la fórmula

6) Coeficiente de correlación

$$R^2 = \frac{A \sum y_i + B \sum x_i y_i - (1/n)(\sum y_i)^2}{\sum (y_i)^2 - (1/n)(\sum y_i)^2}$$

donde:

A = ordenada al origen

B = pendiente

n = número de muestras

$\sum x_i$ = sumatoria del valor de x

$\sum x_i^2$ = sumatoria del cuadrado de los valores de x

$\sum y_i$ = sumatoria del valor de y

$\sum y_i^2$ = sumatoria del cuadrado de los valores de y

7) Distribución de Poisson

$$X = \frac{\sum x_i}{n}$$

donde:

X = promedio de las partículas encontradas

x_i = partículas encontradas

n = número de observaciones

De acuerdo a la media obtenida, se busca en el apéndice B, los rangos en los que puede caer las partículas, para que la mezcla sea homogénea.

8) Distribución Chi-cuadrado

$$X = \sum \frac{(x_i - \bar{X})^2}{X}$$

donde:

x_i = partículas encontradas

\bar{X} = promedio de las partículas encontradas

n = número de observaciones

En el apéndice C viene una tabla de los valores X calculados con sus grados de libertad, en ella indica la probabilidad de que ocurra ese evento y de que la mezcla sea uniforme.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Alimento terminado.

En la tabla III se muestran los resultados de los análisis físicos de las materias primas y se observa que las densidades son muy semejantes entre sí; sin embargo, roca fosfórica, sal, carbonato de calcio, oxibendazol y micro-rastreadores destacan de los demás por tener mayor densidad. Además, de que todos los ingredientes tienen diferentes tamaños de partículas y la mayoría de ellos no tienen un tamaño de partícula uniforme entre sí (excepto furazolidona).

En cuanto a los análisis químicos de las materias primas destacan varios puntos:

Comparando los resultados obtenidos del análisis efectuado a materias primas (sorgo, acemite, pasta de soya, canola y salvado de maíz) con los datos teóricos que se muestran en la tabla IV, se observa que el porcentaje de cloruros se encuentra debajo de lo esperado; sin embargo, éstos no son aportadores importantes de cloruros a la mezcla. La sal que se utiliza y que contribuye principalmente a la determinación de cloruros en el alimento, no se encuentra muy pura (81.14%) (tabla III) afectando en la evaluación de mezclado. En cuanto a los demás ingredientes es importante hacer notar que la lisina contiene 8.10% de cloruros ya que se encuentra como clorhidrato.

Tabla III

I. Análisis físicos y químicos de las materias primas de un alimento terminado.

Ingredientes	Densidad (g/cm ³)	Tamaño de partícula Núm. de mallas								Cloruro %	Proteína %	Cenizas %	Calcio %	Fósforo %
		16	18	30	40	60	80	100	-100					
Sorgo	1.03	--	30	--	41	7	--	6	16	0.08	8.90	1.26	0.03	0.35
Acemite	0.95	57	--	--	27	--	8	2	6	--	14.91	5.30	0.41	0.84
Pasta de soya	1.04	24	--	40	--	26	--	7	3	0.09	45.14	6.69	0.34	0.68
Canola	1.03	15	--	42	--	34	--	7	2	--	38.72	7.05	0.69	1.18
Salvado de maíz	1.09	5	--	25	--	40	--	17	13	--	19.74	4.30	0.30	0.68
Roca fosfórica	1.31	--	--	14	8	9	--	--	69	--	--	92.56	27.70	10.40
Sal	1.32	2	--	34	19	13	--	--	27	81.14	--	99.34	--	--
Carbonato de calcio	1.64	--	--	--	--	29	8	9	34	--	--	99.15	39.98	--
Pmz. metionina	1.20	--	--	--	41	25	8	8	17	2.95	16.36	16.83	0.18	0.05
Pmz. lisina	1.24	--	--	--	41	25	8	8	17	8.10	27.18	15.89	0.08	0.03
Sulfametazina	1.16	--	--	--	--	--	16	6	78	--	--	89.59	--	--
Pmz. minerales	1.23	--	--	9	4	7	5	4	71	--	--	87.31	2.56	0.37
Gto. monosódico	0.99	--	--	--	40	33	13	9	5	0.07	--	28.70	--	--
Pmz. vitamínica	1.11	--	19	--	49	--	26	4	2	--	14.02	23.73	11.20	0.11
Rekapel	0.90	--	--	25	8	9	4	5	49	0.03	--	53.90	--	--
Oxibendazol	1.31	--	--	--	--	--	16	4	80	--	--	97.92	--	--
Stafac	1.04	--	--	16	15	19	8	7	35	0.22	--	56.31	18.98	0.36
Furazolidona	1.10	--	--	--	--	--	--	--	100	--	--	88.77	--	--
Sulfato de cobre	1.13	--	--	8	--	29	8	10	45	--	--	64.03	--	--
Micro-rastreadores	3.44	--	--	--	28	--	36	28	8	--	--	100.00	--	--

II. Análisis físico del alimento terminado.

Alimento terminado	1.06	33	--	32	10	--	10	10	4	--	--	--	--	--
--------------------	------	----	----	----	----	----	----	----	---	----	----	----	----	----

Tabla IV

Comparación de análisis químicos contra datos teóricos realizados a algunas materias primas del alimento terminado.
(13) (52) (53).

Ingredientes	% NaCl		% Proteína		% Cenizas		% Calcio		% Fósforo	
	Teórico	Obtenido	Teórico	Obtenido	Teórico	Obtenido	Teórico	Obtenido	Teórico	Obtenido
Sorgo	0.10	0.08	8.9	8.9	2.3	1.26	0.03	0.03	0.29	0.35
Acebite	0.04	- - -	15.6	14.91	5.6	5.30	0.41	0.41	0.78	0.84
Soya	0.08	0.09	44-48	45.14	6.0-8.0	6.69	0.27-0.36	0.34	0.54-0.98	0.68
Canola	0.65	- - -	37.6	38.72	7.1	7.05	0.61	0.69	0.95	1.18
Salvado de maíz	0.06	- - -	20.0	19.74	5.7	4.30	0.33	0.30	0.71	0.68
Roca fosfórica	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	92.56	18.30	27.70	7.5	10.40
Sal	100	81.14	- - -	- - -	- - -	99.34	- - -	- - -	- - -	- - -
Carbonato de calcio	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	99.15	40.02	39.98	- - -	- - -

La tabla IV muestra como la cantidad de proteína del sorgo, pasta de soya y canola concuerdan con lo esperado. Acemite y salvado de maíz se encuentran un poco por debajo de lo teórico. Aunque no hay datos en la literatura para el porcentaje de nitrógeno proteico que aportan las premezclas de metionina, lisina y vitaminas se puede considerar que el resultado que se obtiene para ellas se relaciona con el acemite empleado como vehículo de las mismas contribuyendo éste con un 15% de proteína.

El porcentaje de cenizas (tabla IV) de soya se encuentran dentro de los límites esperados. Sorgo, acemite y salvado de maíz están por debajo. La cantidad de cenizas de los demás ingredientes no se puede comparar, ya que no hay datos en la literatura.

Con respecto al calcio del sorgo, acemite, pasta de soya, canola, salvado de maíz, roca fosfórica y carbonato de calcio están dentro de lo indicado en la literatura (tabla IV). Aunque no hay datos teóricos del porcentaje de calcio en premezclas de metionina, lisina, minerales, vitaminas y stafac se puede considerar que están bien.

Los porcentos de fósforo de sorgo, acemite, canola se encuentran por arriba de lo esperado. La soya dentro de los límites y salvado de maíz por debajo (tabla IV). Para las premezclas de metionina, lisina, minerales, vitaminas y stafac no hay bibliografía con la que se pueda comparar.

El análisis físico del alimento termindo (tabla III) se puede decir que tiene una densidad similar a la que tienen los ingredientes que se encuentran en mayor proporción.

En la tabla V se indica la importancia de la evaluación de las partículas y del aparato micro-rastreador, ya que al pasar el acemite a través del aparato, se produce un coeficiente de variación de 4.44%, atribuyéndose a varios factores como son:

- 1) Los defectos que puede tener el aparato en retener las partículas
- 2) Si el imán del aparato tiene mucho tiempo de estar operando, puede llegar a perder eficiencia en retener las partículas.
- 3) El tipo de ingrediente que se agrega, por ejemplo el acemite, que por su peso ligero no retiene bien las partículas.

Es importante hacer notar que la cantidad de partículas que teóricamente se espera en un gramo de micro-rastreadores, no corresponde a

Tabla V

I. Evaluación del funcionamiento del aparato micro-rastreador con acemite.

78 veces se registraron 12 partículas.

18 veces se registraron 11 partículas.

4 veces se registraron 10 partículas.

$$\begin{aligned} X &= 11.7 \\ S &= 0.52 \\ C.V. &= 4.44 \end{aligned}$$

II. Evaluación de las partículas.

1) Conteo

0.1 g de micro-rastreadores contiene:

2,972.00 partículas.
2,918.00 partículas.
2,672.00 partículas.
2,826.00 partículas.
3,368.00 partículas.
3,170.00 partículas.
2,932.00 partículas.
2,960.00 partículas.
2,600.00 partículas.
3,014.00 partículas.

$$\begin{aligned} X &= 2,943.20 \text{ partículas.} \\ S &= 222.07 \\ C.V. &= 7.55 \end{aligned}$$

2) Coloración de las partículas.
De 100 partículas pintan todas.

la misma, ya que de 10 evaluaciones realizadas (con un contador manual y un imán) se obtiene un promedio de 29,430 partículas, produciendo ésto un alto coeficiente de variación (7.55%) lo que se atribuye a que los micro-rastreadores no tienen partículas uniformes.

Para evaluar el tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador micro-rastreador (tabla VI) se observan varios puntos:

Las muestras "A" y "D" (2 y 4 minutos respectivamente) cumplen con los intervalos dados por la distribución de Poisson, siendo la "D" mejor, ya que la "A" tiene más partículas que se acercan al límite del rango esperado.

Comparando los cuatro tiempos de mezclado se observa, que el que cae dentro de la línea de un buen mezclado (C.V. máximo 10%) es el de 4 min. (muestra "D") con un coeficiente de variación de 9%. La distribución Chi-cuadrada indica que a los 4 min. la probabilidad de que los datos se repitan es 99%. Los intervalos de confianza donde cae la media esperada es a los 3.5 y 4.0 min. (muestra "C" y "D") con una probabilidad de 99%. En la gráfica 1 se observa que la pendiente es negativa y considerablemente pronunciada (-4.47), ésto quiere decir que hay diferencia de mezclado en los distintos tiempos, mejorándose con el transcurso del tiempo. Sin embargo, el coeficiente de correlación es bajo (0.19), indicando que los micro-rastreadores no son buenos indicadores para evaluar el mezclado, pero si pueden ayudar a orientar cual es el tiempo óptimo de mezclado.

El indicador de sal (tabla VII y gráfica 2) indica que aunque los coeficientes de variación de las muestras "A", "B" y "D" (2, 3 y 4 minutos respectivamente) se encuentran por debajo de la línea de un buen mezclado, se observa que aumentan con el tiempo, produciendo una pendiente positiva (+ 2.17). Ésto muestra que el coeficiente de variación da a conocer que la sal no es buen indicador para evaluar el mezclado. Por otro lado, la media esperada no se encuentra cercana a las medias obtenidas en los 4 tiempos de mezclado, esto se puede atribuir a que la sal que se agregó es la que contribuye más con la determinación de cloruros, no tiene un tamaño de partícula uniforme, ni es muy pura (tabla III), dando resultados muy variados.

Comparando los coeficientes de variación del indicador de proteína en los 4 tiempos (tabla VIII), se puede observar que se encuentran por debajo de la línea de un buen mezclado, siendo el menor el de 4 minutos (C.V. 2.69%). Sin embargo, la gráfica 3, indica que el coeficiente de

Tabla VI

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador micro-rastreador en un alimento terminado.

I. Número de partículas encontradas.

A	B	C	D
12 y 4	5 y 12	12 y 12	12 y 11
8 y 4	6 y 8	15 y 5	9 y 14
8 y 4	15 y 9	8 y 11	10 y 16
11 y 8	2 y 9	13 y 12	13 y 9
9 y 9	9 y 6	6 y 9	12 y 13
5 y 7	14 y 14	13 y 12	15 y 10
9 y 7	8 y 8	11 y 11	10 y 14
10 y 5	6 y 6	4 y 15	10 y 11
8 y 5	9 y 11	10 y 17	13 y 10
7 y 5	13 y 6	13 y 15	12 y 7

Distribución de Poisson.

Probabilidad	A	B	C	D
99 %	2.0-17.1	3.1-20.0	4.3-22.6	4.9-24.0
95 %	2.8-16.4	4.0-17.1	5.4-19.7	6.2-21.0

II. Promedio del número de partículas encontradas.

	A	B	C	D
X	8.0	8.5	12.0	11.5
S	6.0	7.0	10.0	11.5
C. V. (%)	6.0	12.0	9.5	13.0
Chi-cuadrada	9.5	5.5	12.5	11.0
Probabilidad	9.0	7.5	7.5	12.5
	6.0	14.0	12.5	12.5
	8.0	8.0	11.0	12.0
	7.5	6.0	9.5	10.5
	6.5	10.0	13.5	11.5
	6.0	9.5	14.0	9.5
X	7.25	8.80	11.20	11.55
S	1.34	2.66	2.06	1.04
C. V. (%)	18.46	30.21	18.39	9.00
Chi-cuadrada	2.22	7.23	3.40	0.84
Probabilidad	0.98	0.54	0.93	0.99

Intervalo de confianza

Probabilidad	A	B	C	D
95 %	X ± 1.01	X ± 2.00	X ± 1.55	X ± 0.78
99 %	X ± 1.45	X ± 2.88	X ± 2.23	X ± 1.13

Media esperada 14±10%(12 a 16 partículas).

Donde: A = 2.0 min. C = 3.5 min. X = media C. V. = Coef. de variación
 B = 3.0 min. D = 4.0 min. S = desviación standard

GRAFICA 1

MICRO-RASTREADORES COMO INDICADOR EN UN ALIMENTO TERMINADO

(Tiempo contra coeficiente de variación)

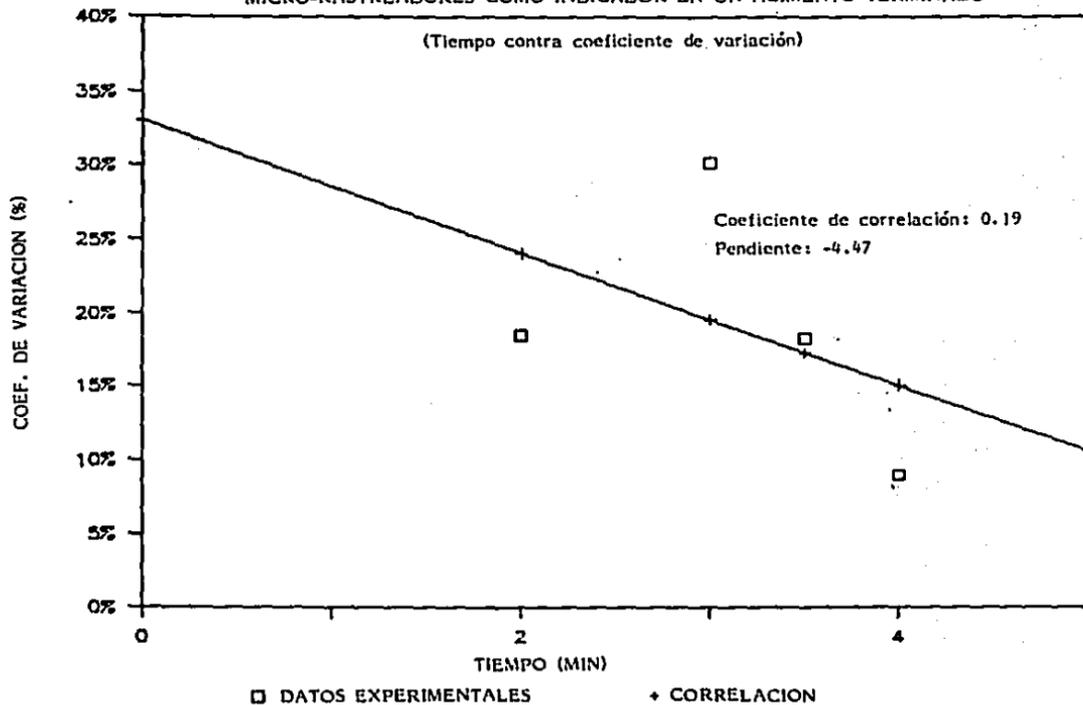


Tabla VII

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de sal en un alimento terminado.

	A %	B %	C %	D %
	0.53	0.56	0.47	0.59
	0.48	0.49	0.54	0.60
	0.47	0.48	0.51	0.61
	0.48	0.54	0.67	0.69
	0.52	0.52	0.48	0.61
	0.47	0.60	0.49	0.67
	0.50	0.56	0.52	0.57
	0.45	0.52	0.44	0.68
	0.48	0.53	0.47	0.68
	0.51	0.61	0.48	0.71
X (%)	0.49	0.54	0.51	0.64
S	0.03	0.04	0.06	0.05
C.V. (%)	5.13	7.88	12.54	7.78
Intervalo de confianza				
Probabilidad				
95%	$X \pm 0.02$	$X \pm 0.03$	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.04$
99%	$X \pm 0.03$	$X \pm 0.04$	$X \pm 0.07$	$X \pm 0.05$
media esperada	0.40%			

Donde: A = 2.0 min. C = 3.5 min. X = media
 B = 3.0 min. D = 4.0 min. S = desviación standard
 C.V. = Coef. de variación

GRAFICA 2

INDICADOR DE SAL EN ALIMENTO TERMINADO

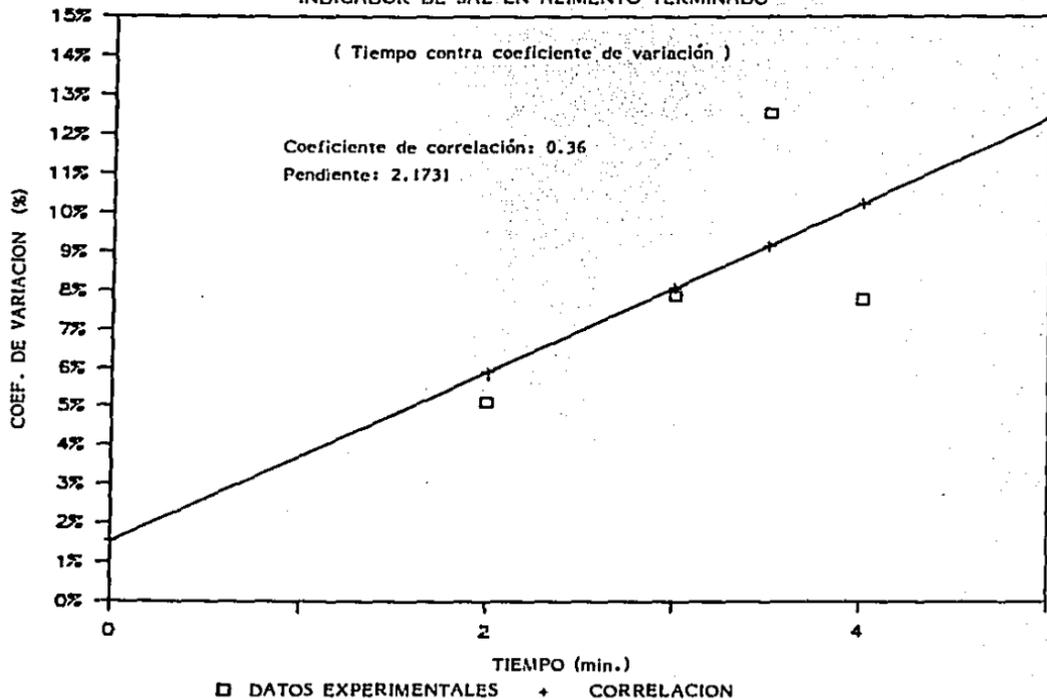


Tabla VIII

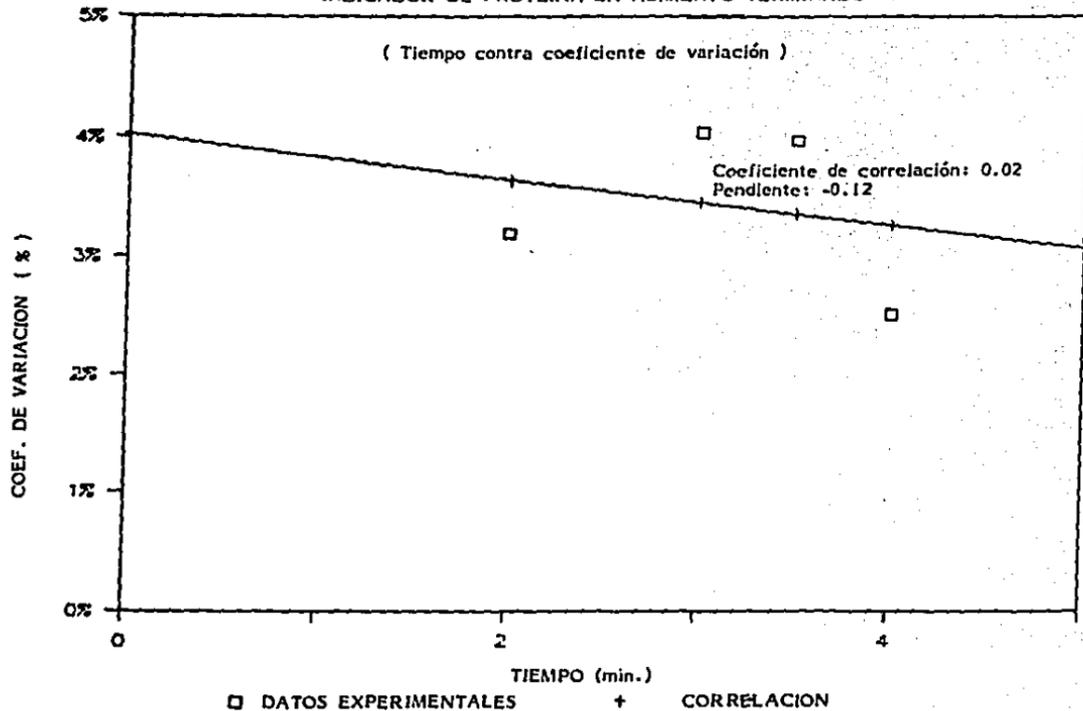
Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de proteína en un alimento terminado.

	A %	B %	C %	D %
	13.93	12.90	12.60	14.22
	14.97	13.63	13.33	13.88
	14.88	13.76	12.99	13.54
	14.54	12.43	12.39	13.71
	15.27	13.37	13.76	13.06
	15.05	14.19	13.07	13.36
	14.36	13.59	13.76	14.22
	15.14	12.64	14.02	13.58
	14.32	13.16	13.59	13.41
	14.10	13.20	13.29	13.71
X (%)	14.66	13.29	13.28	13.67
S	0.47	0.54	0.53	0.37
C.V. (%)	3.19	4.03	3.96	2.69
Intervalo de confianza				
Probabilidad				
95%	$X \pm 0.35$	$X \pm 0.41$	$X \pm 0.40$	$X \pm 0.28$
99%	$X \pm 0.51$	$X \pm 0.59$	$X \pm 0.57$	$X \pm 0.40$
media esperada	13.53%			

Donde: A = 2.0 min. C = 3.5 min. X = media
 B = 3.0 min. D = 4.0 min. S = desviación standard
 C.V. = Coef. de variación

GRAFICA 3

INDICADOR DE PROTEINA EN ALIMENTO TERMINADO



correlación es muy bajo (0.02) por lo que no se puede considerar como buen indicador, ya que los datos dan una correlación bastante baja, aunque la pendiente sea negativa (-0.12). Observando los intervalos de confianza, la media esperada cae a los 3.0, 3.5 y 4.0 min. La media muestral más cercana a la media esperada es a los 4 minutos.

En la evaluación de cenizas como indicador se observa que los coeficientes de variación se encuentran por debajo de la línea de un buen mezclado (tabla IX). Sin embargo, la gráfica 4 indica que la pendiente es positiva (+ 0.79), es decir que aumentan los coeficientes de variación con el tiempo resultando que al igual que la sal, las cenizas no se pueden considerar como buen indicador para evaluar el mezclado. La media esperada (5.57) cae dentro de los intervalos de confianza de 2 y 3.5 min.

Observando los resultados obtenidos del indicador de calcio (tabla X), las muestras "A", "B" y "D" (2, 3 y 4 minutos) tienen coeficientes de variación bajos; sin embargo, aumentan con el transcurso del tiempo (gráfica 5) produciendo una pendiente positiva (+ 0.91). Esto demuestra que no se puede utilizar como indicador para evaluar el mezclado. La media esperada se encuentra dentro de los intervalos de confianza de 2.0 y 3.5 min. (muestras "A" y "C").

En la tabla XI el indicador de fósforo muestra como los coeficientes de variación van descendiendo. A los 4 minutos el coeficiente de variación es 2.83%, indicando que es el tiempo óptimo de mezclado. Los intervalos de confianza que cae la media esperada son a los 2, 3 y 4 min. con una probabilidad de 99%. Por otro lado, en la gráfica 6 se muestra que la pendiente es negativa y estrecha (-3.98), además de que los datos si tienen correlación (0.84), por lo que se puede considerar al fósforo como buen indicador para evaluar el mezclado.

Con los resultados obtenidos de los indicadores micro-rastreadores, proteína y fósforo que dan pendientes negativas y que además coinciden que a los 4 min. sus intervalos de confianza caen dentro de las medias esperadas, indican que ese es el tiempo óptimo de mezclado. En la gráfica 7 se indica claramente que el indicador apropiado para evaluar el mezclado es el fósforo, ya que de los indicadores, es el que muestra mayor correlación (0.84), además de que presenta una pendiente pronunciada y negativa, mostrando que hay cambios notables de mezclado entre los tiempos evaluados.

Tabla IX

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de cenizas en un alimento terminado.

	A %	B %	C %	D %
	5.89	6.34	5.86	5.84
	5.88	6.42	5.31	6.36
	5.43	5.91	6.11	6.66
	5.30	5.94	5.62	6.76
	5.83	5.97	5.97	6.36
	5.98	5.53	6.17	5.87
	5.54	6.01	5.84	6.27
	5.53	5.92	5.01	6.53
	5.82	6.01	5.69	6.69
	5.53	5.87	5.40	6.51
X (%)	5.67	5.99	5.70	6.39
S	0.23	0.25	0.37	0.32
C.V. (%)	4.10	4.12	6.49	5.01
Intervalo de confianza				
Probabilidad				
95%	$X \pm 0.17$	$X \pm 0.19$	$X \pm 0.28$	$X \pm 0.24$
99%	$X \pm 0.25$	$X \pm 0.27$	$X \pm 0.40$	$X \pm 0.35$
media esperada	5.57%			

Donde: A = 2.0 min. C = 3.5 min. X = media
 B = 3.0 min. D = 4.0 min. S = desviación standard
 C.V. = Coef. de variación

GRAFICA 4

INDICADOR DE CENIZAS EN ALIMENTO TERMINADO

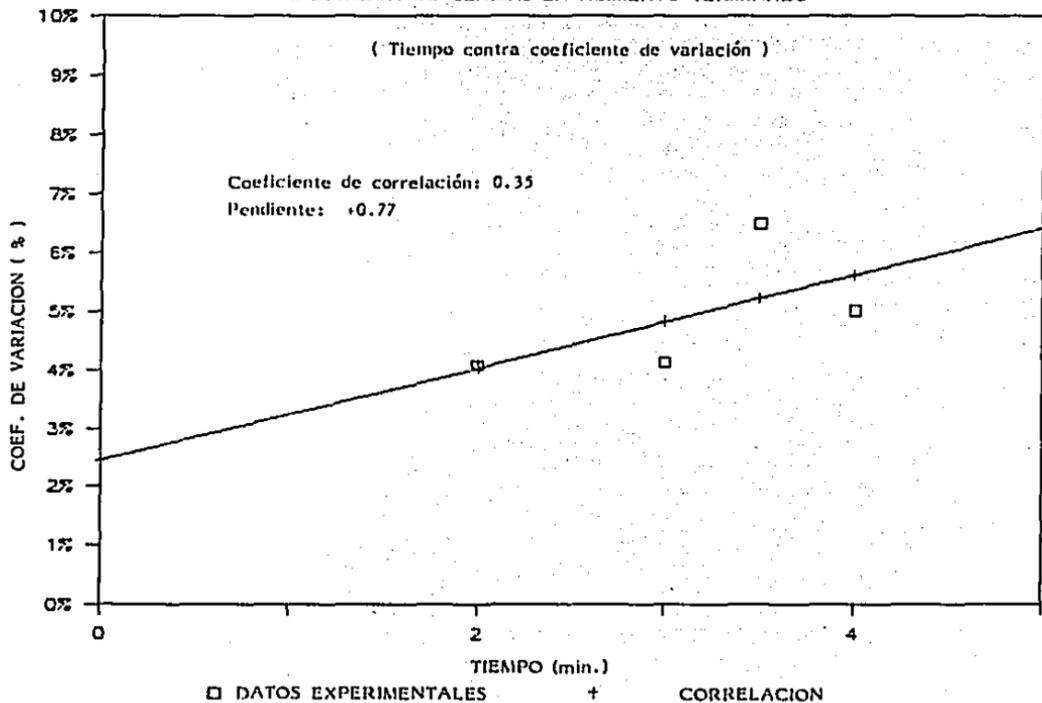


Tabla X

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de Calcio en un alimento terminado.

	A %	B %	C %	D %
	0.76	0.88	0.78	0.81
	0.75	0.87	0.61	0.79
	0.64	0.84	0.75	1.08
	0.64	0.81	0.96	0.85
	0.81	0.86	0.93	1.03
	0.81	0.75	0.74	0.86
	0.64	0.77	0.84	0.87
	0.68	0.86	0.75	0.93
	0.65	0.77	0.83	0.87
	0.68	0.82	0.87	0.94
X (%)	0.71	0.82	0.81	0.90
S	0.07	0.05	0.10	0.09
C.V. (%)	9.85	5.69	12.66	10.33
Intervalo de confianza				
Probabilidad				
95%	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.04$	$X \pm 0.08$	$X \pm 0.07$
99%	$X \pm 0.08$	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.11$	$X \pm 0.10$
media esperada	0.76%			

Donde: A = 2.0 min.
B = 3.0 min.

C = 3.5 min.
D = 4.0 min.

X = media
S = desviación standard
C.V. = Coef. de variación

GRAFICA 5

INDICADOR DE CALCIO EN ALIMENTO TERMINADO

(Tiempo contra coeficiente de variación)

Coefficiente de correlación: 0.072

Pendiente: + 0.91

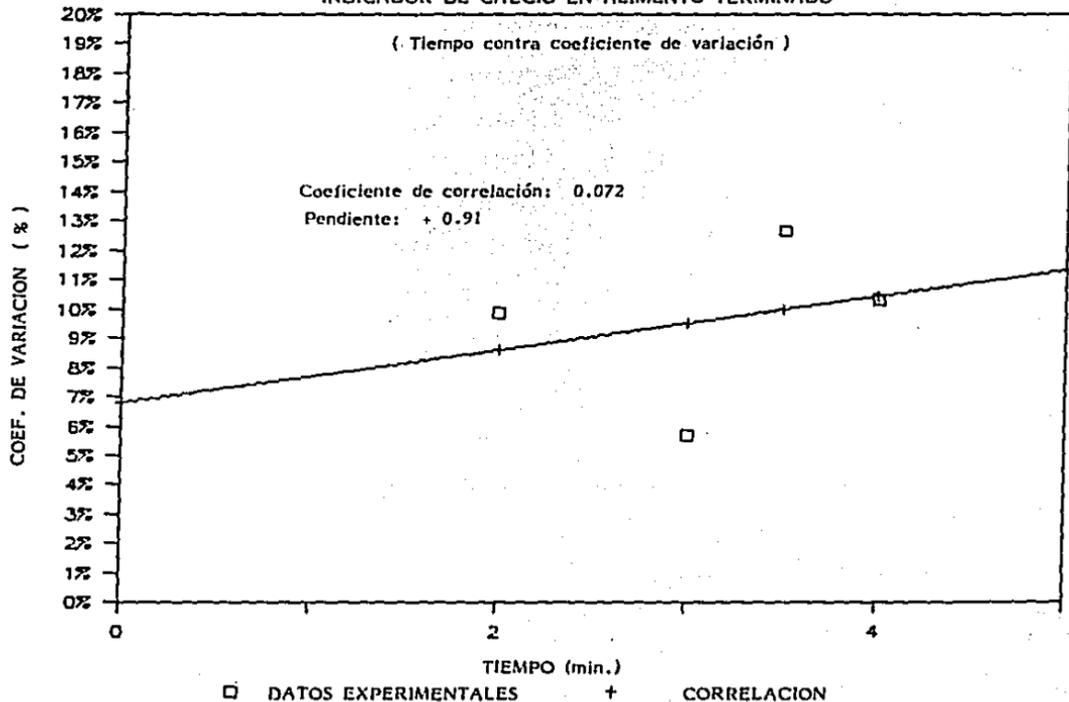


Tabla XI

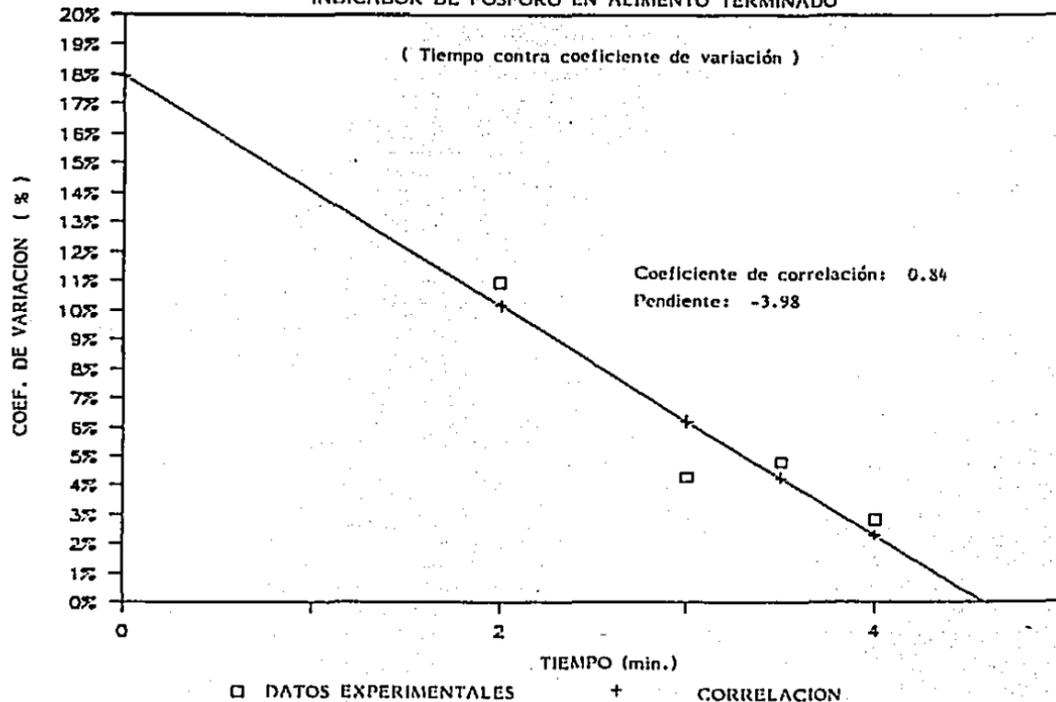
Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de Fósforo en un alimento terminado.

	A %	B %	C %	D %
	0.64	0.71	0.70	0.72
	0.65	0.69	0.62	0.69
	0.47	0.68	0.64	0.71
	0.66	0.70	0.64	0.71
	0.72	0.72	0.61	0.74
	0.73	0.73	0.67	0.72
	0.61	0.71	0.67	0.73
	0.64	0.65	0.69	0.70
	0.65	0.71	0.62	0.68
	0.62	0.65	0.66	0.74
X (%)	0.64	0.70	0.65	0.71
S	0.07	0.03	0.03	0.02
C.V. (%)	11.08	3.94	4.74	2.83
Intervalo de confianza				
Probabilidad				
95%	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.02$	$X \pm 0.02$	$X \pm 0.02$
99%	$X \pm 0.08$	$X \pm 0.03$	$X \pm 0.03$	$X \pm 0.02$
media esperada	0.69%			

Donde: A = 2.0 min. C = 3.5 min. X = media
 B = 3.0 min. D = 4.0 min. S = desviación standard
 C.V. = Coef. de variación

GRAFICA 6

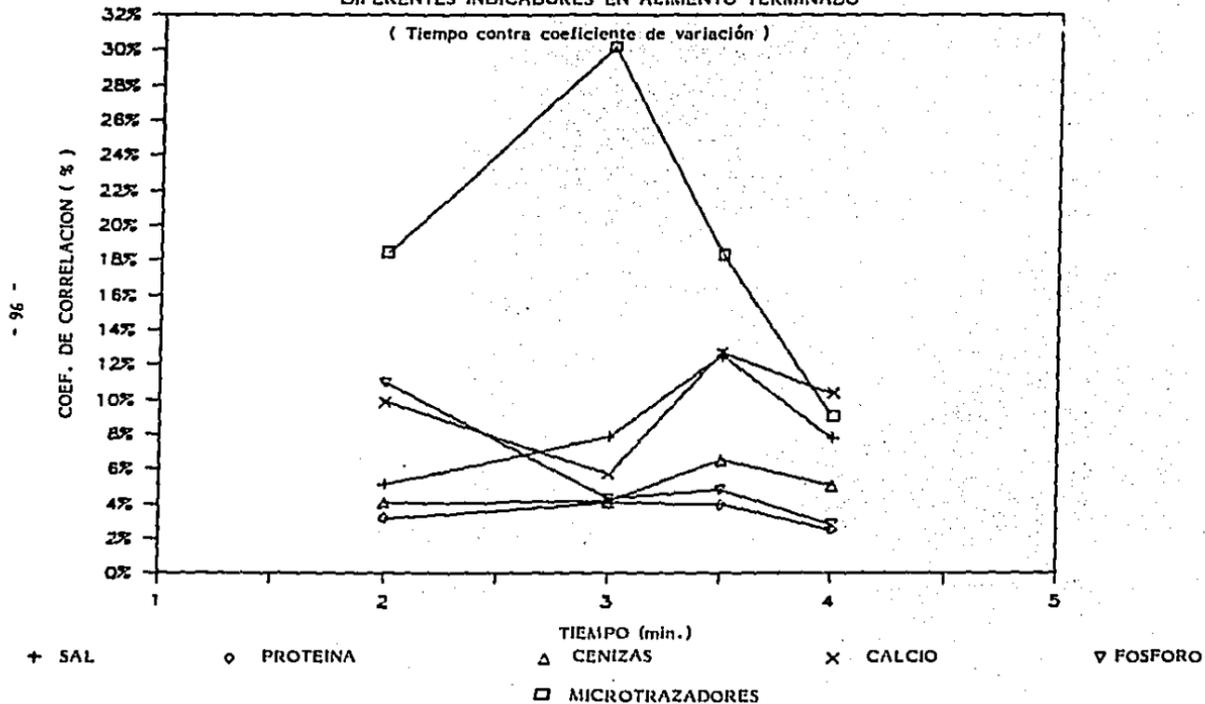
INDICADOR DE FOSFORO EN ALIMENTO TERMINADO



GRAFICA 7

DIFERENTES INDICADORES EN ALIMENTO TERMINADO

(Tiempo contra coeficiente de variación)



Comparando los resultados con lo que indica la literatura (3) (4) (11), se puede decir que coincide en demostrar que indicadores como proteína y cenizas que se encuentran en mayor proporción que otros, no son buenos indicadores para evaluar el mezclado. La sal se puede decir que no fue un buen indicador, ya que hay gran variedad de tamaños de partículas (tabla III). El calcio aunque es un microingrediente y la literatura (3) (4) (11) indica que es un buen indicador, los resultados obtenidos muestran que para este tipo de alimento no es buen indicador para evaluar el mezclado.

6.2. Premezcla de minerales.

Comparando los análisis físicos de las materias primas con respecto a los esperados (tabla XII), se puede observar que las densidades obtenidas son superiores, excepto la de sulfato cúprico que se encuentra dentro de los límites y la sal no tiene punto de referencia para su comparación. Además se puede denotar que el sulfato cúprico tiene una densidad muy similar a la de la sal y el óxido de cinc mayor a todas las de más. En cuanto al tamaño de partícula los resultados obtenidos tanto del carbonato de calcio, óxido de manganeso, sulfato cúprico y óxido de cinc van de acuerdo a las especificaciones que deben tener para utilizarse como alimento de uso pecuario. Sin embargo, para facilitar el mezclado es necesario que todos los ingredientes tengan tamaños de partículas similares y uniformes, cumpliendo con ello carbonato de calcio, óxido de manganeso y óxido de cinc (menor a 0.149 mm). El sulfato cúprico tiene varios tamaños de partículas y la sal tiene dos principalmente (malla 40 = 0.42 mm; malla 60 = 0.25 mm) que son mayores a los demás tamaños de partículas.

En cuanto a los análisis químicos muestran varios puntos de importancia (tabla XII). La cantidad de calcio en carbonato de calcio (38.25) se encuentra por debajo de lo esperado (40.0%). El óxido de manganeso, sulfato cúprico y sal muestran que no tienen impurezas de calcio, sin embargo óxido de cinc sí (0.81%) sin tener una influencia considerable sobre los resultados. El porcentaje de manganeso en óxido de manganeso (57%) muestra que se encuentra dentro del límite esperado (55-57%). Carbonato de calcio, sulfato cúprico y sal no tienen impurezas de manganeso en cambio óxido de cinc sí tiene, sin embargo éstas son insignificantes (0.008%). Con respecto al óxido de cinc (78.92%) está arriba de lo esperado (72.77%). Tanto carbonato de calcio, óxido de manganeso, sulfato cúprico y sal dan a notar que no tienen impurezas de cinc. El sulfato cúprico utilizado contiene 25.5% de cobre y se encuentra también un poco por arriba del límite utilizado en la industria de uso pecuario (25.1-25.45%). Carbonato de calcio, óxido de manganeso, cinc y sal no muestran impurezas de cobre.

TABLA XII

I. Resultados de análisis físicos y químicos para metales pesados de la promezcla de minerales (55) (56).
Comparación contra datos teóricos.

Ingredientes	Densidad (g/cm ³)		Tamaño de partículas [*]				Tamaño de partículas ^{**}				% Calcio		% Manganeso		% Cinc		% Cobre		% NaCl		
	Teórico	Obtenido	40	60	80	-100	30	40	60	80	-100										
Carbonato de calcio	0.48-0.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	40.0	38.2	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.54-0.58	1.50	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.59-0.61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oxido de manganeso	1.78-1.34	1.79	-	-	-	90	-	-	-	-	96	0.12	-	55-65	57.00	0.10	-	0.10	-	-	-
Sulfato cobrizo	1.73-1.40	1.76	100	-	-	-	7	11	17	9	1	55	0.000	-	0.006	-	-	25.1-25.63	25.5	-	-
Oxido de cinc	1.63-2.24	2.41	-	-	-	95	-	-	-	-	100	2.85	0.81	0.45	0.04	72-79	78.92	-	-	-	-
Sol	-	1.38	-	-	-	-	-	72	27	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
II Análisis físicos de la promezcla de minerales																					
Promezcla	1.45	-	-	2	3	10	17	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Teórico

** Obtenido

El análisis físico de la premezcla de minerales (tabla XII) tiene una densidad similar a la que tiene el carbonato de calcio que se encuentra en mayor proporción.

Las concentraciones de los indicadores en la premezcla son distintas. El calcio se encuentra en mayor proporción (32.63%), a seguir el manganeso (3.47%), cinc (3.06%), cobre (1.985) y finalmente sal (0.40%) (medias esperadas de cada uno de los minerales). Atendiendo a las proporciones anteriores calcio se puede considerar como macroindicador y los demás como microindicadores.

Comparando las medias obtenidas del indicador de calcio en cada uno de los tiempos (tabla XIII), se puede observar que no hay mucha diferencia entre las medias obtenidas. Sin embargo, sus coeficientes de variación si lo muestran. Por otro lado, en la gráfica 8, la pendiente poco pronunciada (-0.02) indica que no hay cambios de mezclado en los 7 tiempos. Además, el coeficiente de correlación es muy bajo (0.0074). Todo esto conduce a decir que el calcio no es buen indicador para evaluar el mezclado, concordando con lo que indica la literatura. Ingredientes que se encuentran en mayor proporción en la mezcla no son buenos indicadores. Los intervalos de confianza en los que cae la media esperada son a los 20 y 24 min. (muestra "E" y "F") estando la primera más cercana a la media esperada.

En la tabla XIV el indicador de cinc muestra como los coeficientes de variación van descendiendo. Desde los 20 min. (muestra "D") se encuentran por debajo de un coeficiente de variación menor al 10%, siendo el menor durante la descarga (muestra "G", C.V. 4.78%). El coeficiente de correlación (0.82) y la pendiente (-0.83) (gráfica 9) muestra que la mezcla con el transcurso del tiempo está más homogénea, además de que los datos si tienen relación. Esto indica que el cinc se puede utilizar como indicador para evaluar el mezclado. La media esperada (3.06) cae dentro de los intervalos de confianza de los tiempos 4.0, 20.0, 24.0 min. y durante la descarga (muestras "A", "E", "F" y "G"), siendo la última la más cercana a la media esperada.

Los coeficientes de variación del indicador de cobre muestran que se encuentran por arriba del 10%, indicando que a ninguno de los tiempos se encuentran homogénea la mezcla. Por otro lado, la gráfica 10 indica que el coeficiente de correlación no se puede considerar como buen indicador, ya que los datos dan una relación bastante baja (0.40), aunque -- la pendiente sea negativa y pronunciada (-1.13). El no poderse utilizar como indicador se atribuye a que el cobre tiene distintos tamaños de partícula que ocasionan variaciones en las determinaciones analíticas. Los in-

Tabla XIII

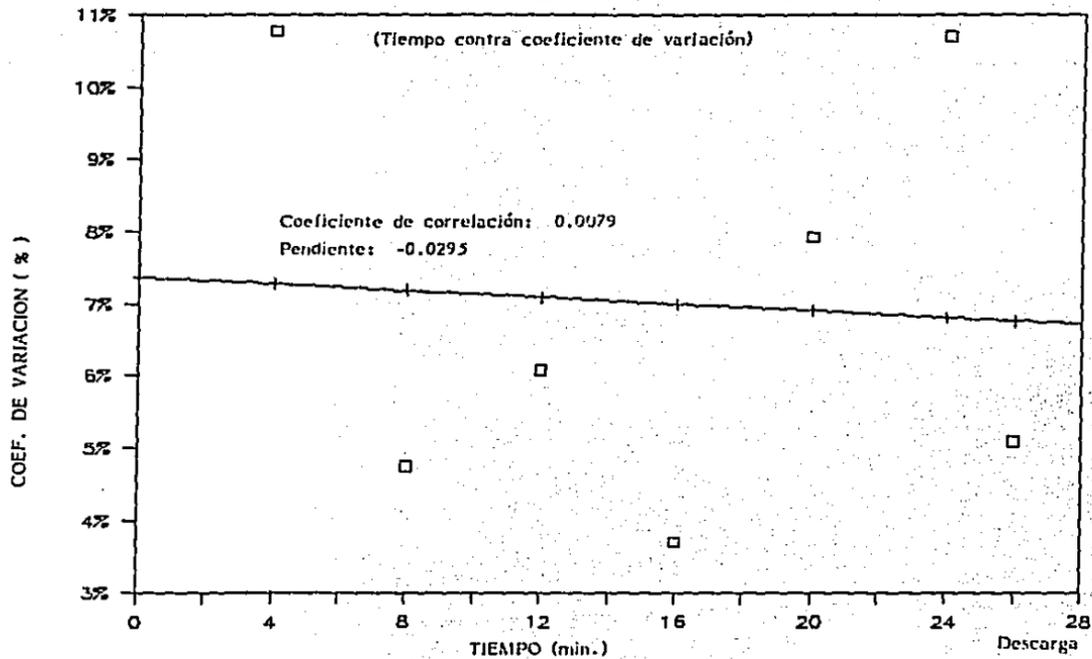
Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador Calcio en una premezcla de minerales.

	A %	B %	C %	D %	E %	F %	G %
	27.09	33.50	31.86	30.90	36.28	30.82	37.18
	26.20	33.89	31.02	29.71	33.07	31.30	33.11
	24.17	34.13	30.36	29.22	35.89	29.78	37.07
	29.42	33.04	30.91	29.79	30.87	32.24	37.34
	30.63	32.79	27.70	29.73	32.00	36.44	37.84
	29.62	37.49	28.47	29.39	30.70	37.49	37.39
	31.67	33.23	27.25	27.95	30.96	35.91	38.77
	30.47	33.24	27.02	30.30	28.67	35.71	39.45
	34.16	32.22	30.85	31.70	29.20	37.29	37.19
	33.86	31.55	28.52	31.40	31.77	41.68	34.43
X (%)	29.73	33.51	29.40	30.01	31.94	34.87	36.98
S	3.20	1.59	1.79	1.11	2.53	3.73	1.88
C.V. (%)	10.77	4.75	6.08	3.71	7.92	10.70	5.09
Intervalo de confianza							
Probabilidad							
95%	X ± 2.41	X ± 1.20	X ± 1.35	X ± 0.84	X ± 1.91	X ± 2.81	X ± 1.42
99%	X ± 3.47	X ± 1.72	X ± 1.94	X ± 1.20	X ± 2.74	X ± 4.04	X ± 2.04
media esperada	32.63%						

Donde: A = 4.0 min. D = 16.0 min. X = media
 B = 8.0 min. E = 20.0 min. S = desviación standard
 C = 12.0 min. F = 24.0 min. C.V. = Coef. de variación
 G = descarga

GRAFICA 8

INDICADOR DE CALCIO EN PREMEZCLA DE MINERALES



DATOS EXPERIMENTALES

CORRELACION

Tabla XIV

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de Cinc en una premezcla de minerales.

	A %	B %	C %	D %	E %	F %	G %
	2.14	3.86	2.89	4.11	3.65	3.42	3.30
	3.60	3.34	3.06	4.33	3.01	2.92	3.11
	2.62	2.82	2.97	4.22	3.24	3.22	3.29
	2.97	3.28	3.94	4.05	3.48	3.39	3.50
	4.65	3.48	3.44	3.61	3.50	3.11	3.09
	3.30	3.53	3.95	3.39	3.16	3.12	3.00
	3.86	3.95	4.54	3.46	3.12	3.10	3.07
	2.50	3.74	4.33	3.23	3.28	3.02	3.06
	4.80	3.34	4.08	3.46	2.86	3.49	3.15
	4.95	4.72	4.29	3.26	2.98	2.99	3.10
X (%)	3.54	3.61	3.75	3.71	3.23	3.20	3.17
S	1.01	0.51	0.61	0.42	0.25	0.23	0.15
C.V. (%)	28.54	14.09	16.29	11.33	7.85	7.10	4.78
Intervalo de confianza							
Probabilidad							
95%	X ± 0.76	X ± 0.38	X ± 0.46	X ± 0.32	X ± 0.19	X ± 0.17	X ± 0.11
99%	X ± 1.09	X ± 0.55	X ± 0.66	X ± 0.46	X ± 0.27	X ± 0.25	X ± 0.16
media esperada	3.06%						

Donde: A = 4.0 min. D = 16.0 min. X = media
 B = 8.0 min. E = 20.0 min. S = desviación standard
 C = 12.0 min. F = 24.0 min. C.V. = Coef. de variación
 G = descarga

GRAFICA 9

INDICADOR DE CINCO EN PREMEZCLA DE MINERALES

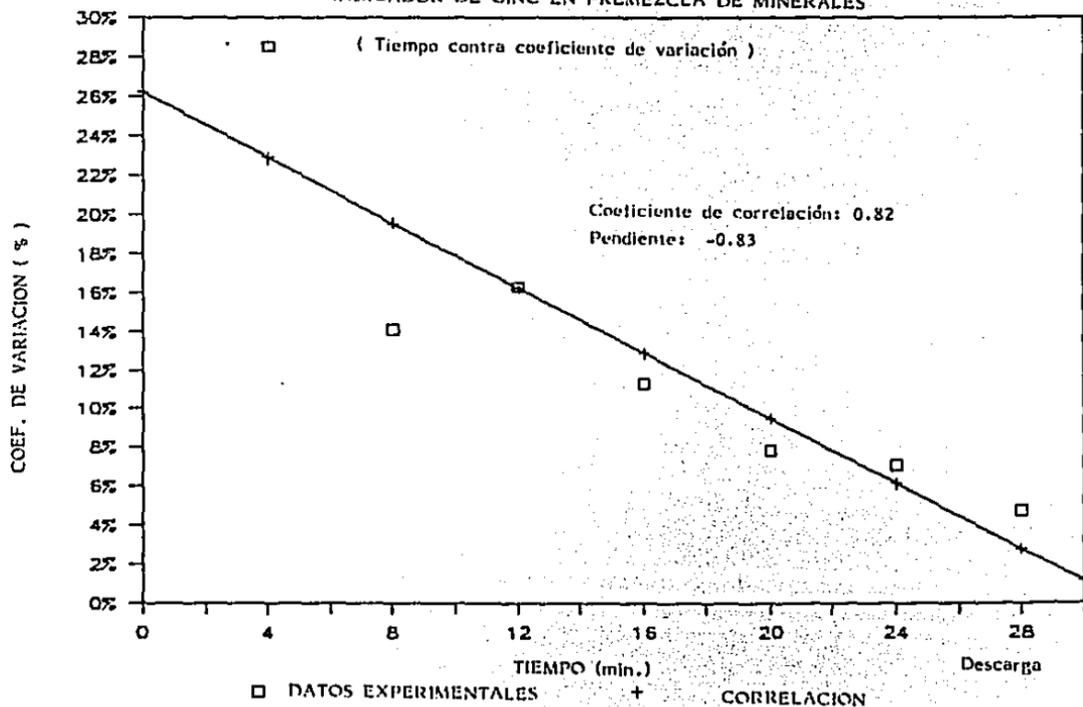


Tabla XV

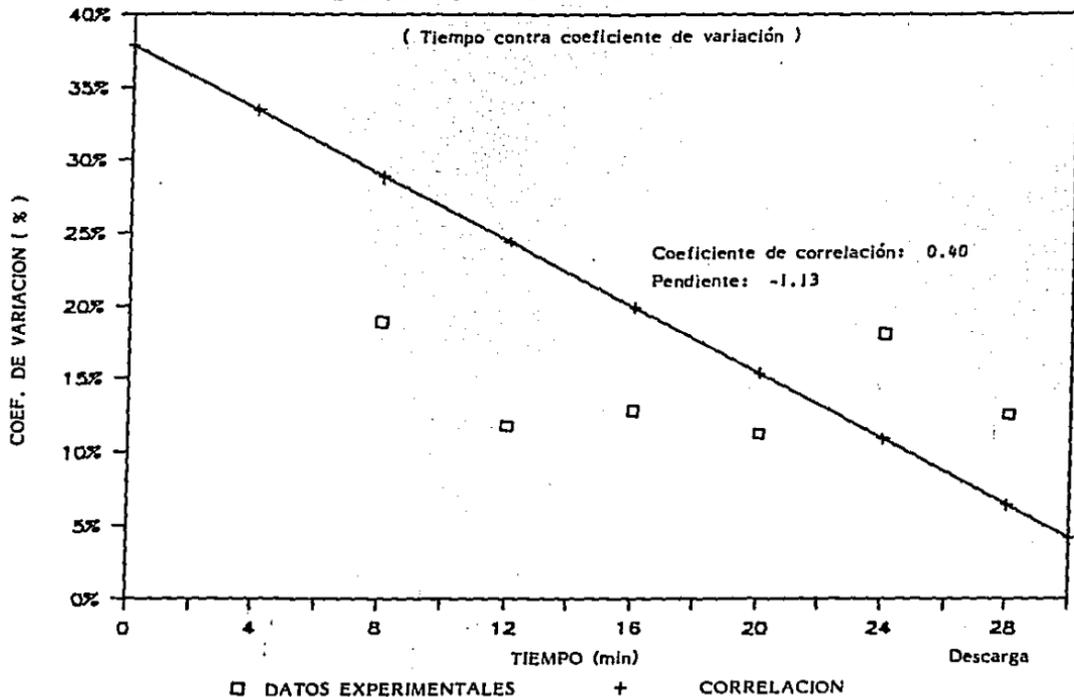
Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de Cobre en una premezcla de minerales.

	A %	B %	C %	D %	E %	F %	G %
	1.18	0.81	0.67	0.94	1.02	1.13	1.02
	1.23	0.74	0.80	0.87	0.83	0.79	0.91
	1.18	0.94	0.93	0.76	0.99	1.13	0.84
	1.21	0.75	0.84	1.11	0.79	0.81	0.64
	1.10	0.92	0.88	0.85	0.98	1.15	0.94
	0.55	1.11	0.99	0.99	0.82	1.02	0.86
	1.27	0.87	1.00	1.11	0.85	0.73	0.75
	0.24	0.94	0.83	1.13	1.00	1.27	0.91
	0.15	1.19	0.88	1.00	1.09	1.10	0.80
	0.40	1.26	0.99	1.06	0.87	0.92	0.92
X (%)	0.85	0.95	0.88	0.98	0.92	1.01	0.86
S	0.46	0.18	0.10	0.13	0.10	0.18	0.11
C.V. (%)	53.85	18.91	11.73	12.82	11.23	18.04	12.56
Intervalo de confianza							
Probabilidad							
95%	$X \pm 0.35$	$X \pm 0.14$	$X \pm 0.08$	$X \pm 0.10$	$X \pm 0.08$	$X \pm 0.14$	$X \pm 0.08$
99%	$X \pm 0.50$	$X \pm 0.20$	$X \pm 0.11$	$X \pm 0.14$	$X \pm 0.11$	$X \pm 0.20$	$X \pm 0.12$
media esperada	1.08%						

Donde: A = 4.0 min. D = 16.0 min. X = media
 B = 8.0 min. E = 20.0 min. S = desviación standard
 C = 12.0 min. F = 24.0 min. C.V. = Coef. de variación
 G = descarga

GRAFICA 10

INDICADOR DE COBRE EN PREMEZCLA DE MINERALES



intervalos de confianza donde cae la media esperada se encuentran a los 4.0, 8.0, 16.0, 20.0 y 24.0 min. (muestra "A", "B", "D", "E" y "F") estando la más cercana la de 24 min.

Observando los coeficientes de variación del indicador de manganeso (tabla XVI) muestra que desde los 8.0 min. (muestra "B") tienen coeficientes de variación menores al 10% y además éstos van descendiendo con el transcurso del tiempo. Los intervalos de confianza donde cae la media esperada son a los 8.0, 16.0, 20.0 min. y durante la descarga (muestra "B", "C", "D" y "G"), ésta última es la más cercana a la media esperada. En la gráfica 11 indica claramente que la pendiente es negativa y estrecha (0.34), además de que los datos si tienen buena correlación (0.91), por lo que se puede considerar al manganeso como otra alternativa como indicador para evaluar el mezclado en esta mezcla.

El indicador de sal en la tabla XVII muestra como los coeficientes de variación están por arriba del 10% indicando que a ninguno de los tiempos está homogénea la mezcla. En la gráfica 12 el coeficiente de correlación es bajo (0.069) indicando que la sal no es buen indicador para evaluar el mezclado, aunque la pendiente es negativa (-0.0673) y sea un indicador que se encuentre en pequeñas proporciones (0.40%). En todos los intervalos de confianza cae la media esperada; sin embargo, los que más coinciden son a los 4.0 y 20.0 min. y durante la descarga ("A", "E" y "G").

En la gráfica 13 se puede observar que cada uno de los indicadores tienen diferentes comportamientos durante los distintos tiempos de mezclado, atribuyéndose a que cada uno de los indicadores se ve influenciado por su tamaño de partícula, densidad y concentración.

Los resultados obtenidos tanto de cinc como manganeso indican que ambos son buenas alternativas para utilizarse como indicadores, coinciden con lo indicado en la literatura (3), (4) y (11), nutrimentos que se encuentran en pequeñas proporciones son buenos indicadores. De los dos el que denota ser mejor es el cinc, ya que la pendiente es más pronunciada mostrando diferencias de mezclado entre los 7 tiempos, además de que los coeficientes de variación del manganeso en general son más bajos.

Es importante para determinar el tiempo óptimo de mezclado que todos los ingredientes estén bien mezclados. Para ello es importante observar en que tiempo de mezclado, las medias muestrales se encuentran cercanas a las medias esperadas de cada uno de los indicadores, mostrándose esto en la tabla XVIII.

Tabla XVI

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador Manganeso en una premezcla de minerales.

	A %	B %	C %	D %	E %	F %	G %
	3.69	3.85	3.84	3.31	3.76	3.73	3.70
	3.89	2.68	4.19	3.40	2.59	3.78	3.49
	3.70	3.68	4.08	3.29	3.80	3.67	3.40
	3.91	3.61	4.02	3.76	3.83	3.65	3.53
	4.08	3.51	4.00	3.85	3.69	3.73	3.69
	4.24	3.74	3.87	3.77	3.59	3.83	3.59
	4.14	3.73	3.74	3.68	3.57	3.92	3.68
	5.04	3.53	3.60	3.67	3.68	3.86	3.50
	4.72	3.51	3.51	3.66	3.40	3.70	3.40
	4.77	3.32	3.41	3.81	3.34	3.93	3.76
X (%)	4.22	3.52	3.83	3.62	3.63	3.78	3.57
S	0.47	0.33	0.26	0.21	0.16	0.10	0.13
C.V. (%)	11.19	9.38	6.73	5.77	4.46	2.67	3.62
Intervalo de confianza							
Probabilidad							
95%	$X \pm 0.35$	$X \pm 0.25$	$X \pm 0.20$	$X \pm 0.16$	$X \pm 0.12$	$X \pm 0.08$	$X \pm 0.10$
99%	$X \pm 0.51$	$X \pm 0.36$	$X \pm 0.28$	$X \pm 0.23$	$X \pm 0.17$	$X \pm 0.11$	$X \pm 0.14$
media esperada	3.47%						

Donde: A = 4.0 min. D = 16.0 min. X = media
 B = 8.0 min. E = 20.0 min. S = desviación standard
 C = 12.0 min. F = 24.0 min. C.V. = Coef. de variación
 G = Descarga

GRAFICA 11

INDICADOR DE MANGANESO EN PREMEZCLA DE MINERALES

(Tiempo contra coeficiente de variación)

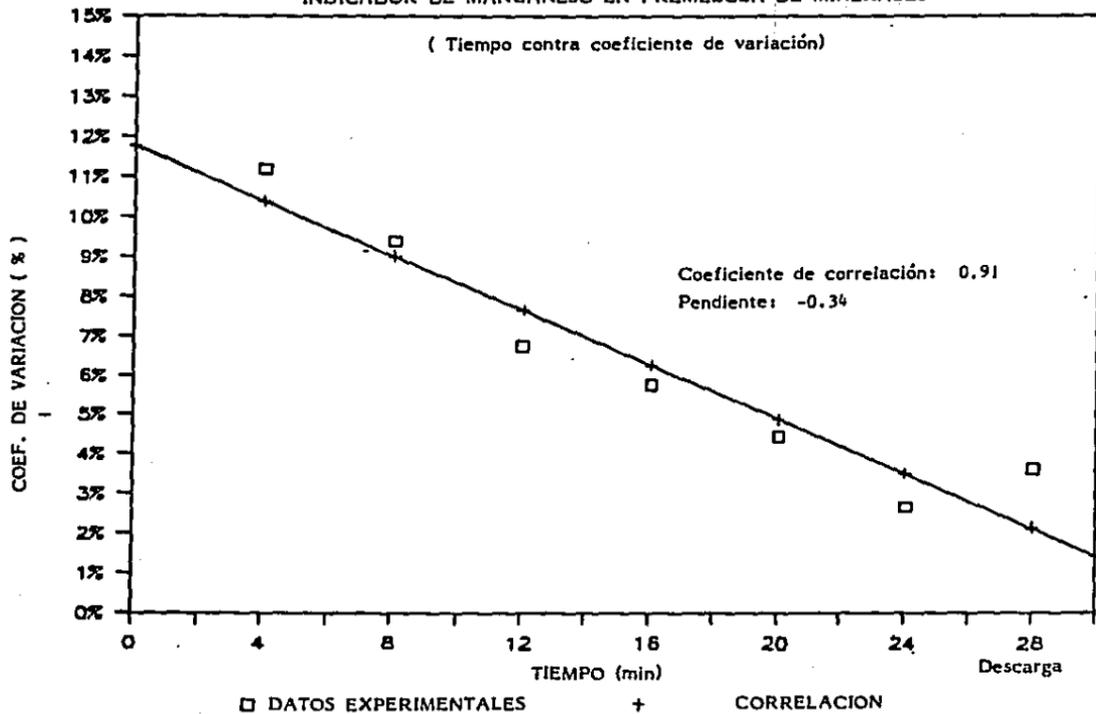


Tabla XVII

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de Sal en una premezcla de minerales.

	A %	B %	C %	D %	E %	F %	G %
	0.45	0.42	0.36	0.39	0.42	0.35	0.43
	0.48	0.52	0.30	0.34	0.47	0.51	0.38
	0.42	0.42	0.37	0.51	0.45	0.50	0.36
	0.31	0.40	0.36	0.37	0.40	0.43	0.49
	0.43	0.39	0.40	0.37	0.33	0.43	0.40
	0.40	0.30	0.44	0.61	0.42	0.34	0.32
	0.39	0.35	0.42	0.43	0.35	0.40	0.47
	0.32	0.40	0.42	0.47	0.42	0.35	0.33
	0.34	0.33	0.40	0.43	0.41	0.42	0.43
	0.47	0.35	0.47	0.43	0.35	0.43	0.43
X (%)	0.40	0.39	0.39	0.44	0.40	0.42	0.40
S	0.06	0.06	0.05	0.08	0.05	0.06	0.06
C.V. (%)	15.20	15.70	12.40	18.09	11.35	14.03	14.15
Intervalo de confianza							
Probabilidad							
95%	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.04$	$X \pm 0.06$	$X \pm 0.04$	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.05$
99%	$X \pm 0.07$	$X \pm 0.07$	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.09$	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.07$	$X \pm 0.07$
media esperada 0.40%							

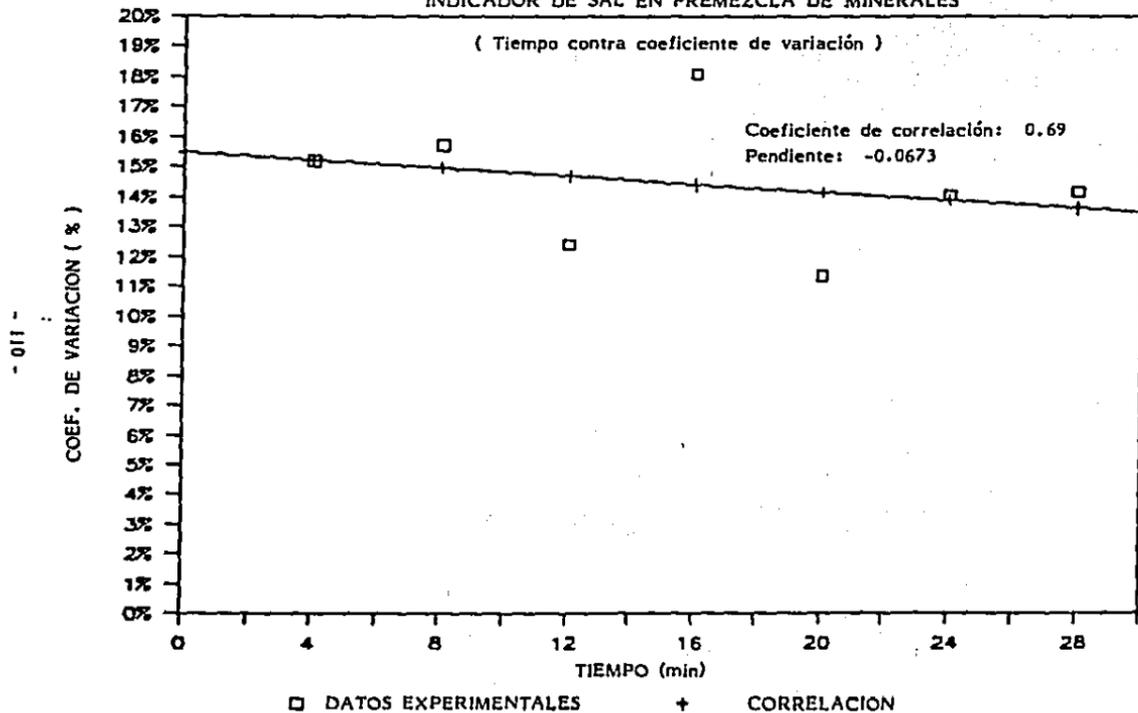
Donde: A = 4.0 min. D = 16.0 min. X = media
 B = 8.0 min. E = 20.0 min. S = desviación standard
 C = 12.0 min. F = 24.0 min. C.V. = Coef. de variación
 G = descarga

GRAFICA 12

INDICADOR DE SAL EN PREMEZCLA DE MINERALES

(Tiempo contra coeficiente de variación)

Coefficiente de correlación: 0.69
Pendiente: -0.0673



GRAFICA 13

DIFERENTES INDICADORES EN PREMEZCLA DE MINERALES

(Tiempo contra coeficiente de variación)

- III -

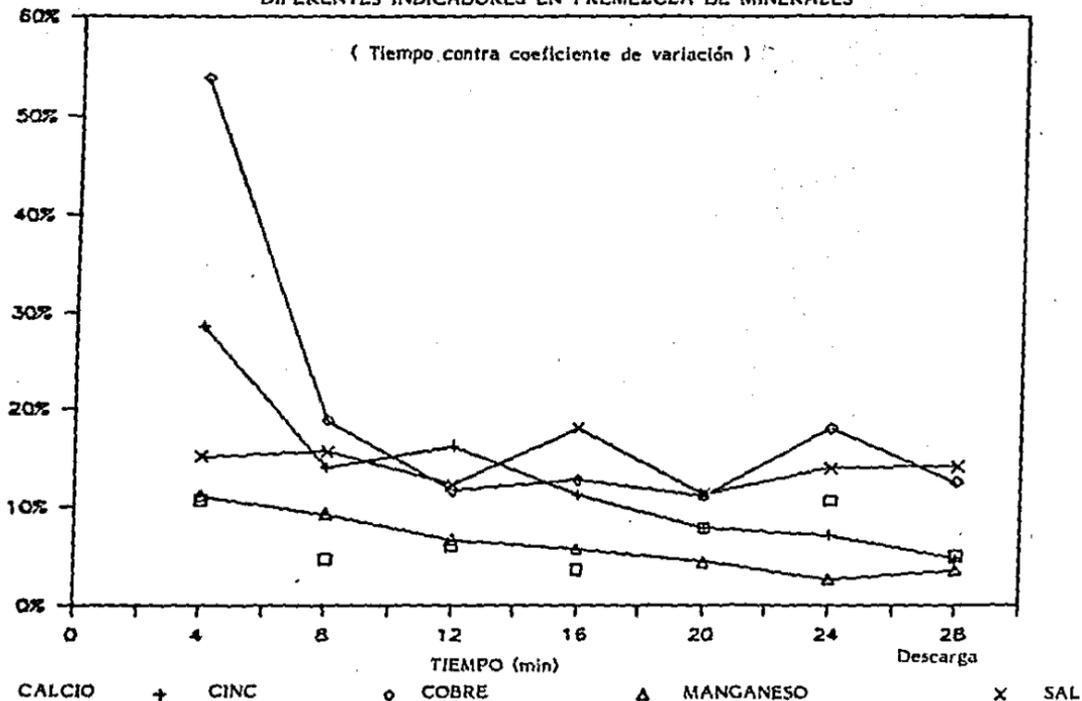


Tabla XVIII

Tiempos de mezclado en los cuales las medias muestrales se encuentran cercanas a las medias esperadas de cada uno de los indicadores.

Indicadores	Tiempos de mezclado (min.)					descarga
	4.0	8.0	16.0	20.0	24.0	
Calcio	-	-	-	x*	x	-
Cinc	x	-	-	x	x	x*
Cobre	x	x	x	x	x*	-
Manganeso	-	x	x	x	-	x*
Sal	x*	x	x	x*	x	x*

* Las más cercanas a la media esperada.

Observando la tabla XVIII se muestra claramente que a los 20.0 min. todas las medias muestrales de cada uno de los indicadores se acercan a las medias, indicando que ese es el tiempo óptimo de mezclado.

6.3 Premezcla de selenio.

La tabla XIX muestra los resultados de los análisis físicos de las materias primas, en ella se observa que las densidades del carbonato de calcio y selenio de sodio se encuentran por arriba de los reportes teóricos encontrados mientras que el óxido de hierro está debajo de los mismos. Todas las densidades son diferentes, destacando entre las mayores el seleni-

to de sodio (1.91 g/cm^3) y los micro-rastreadores (3.44 g/cm^3). Carbonato de calcio, óxido de hierro y selenito de sodio muestran tamaños de partículas uniformes y similares (malla - 100 = 0.149 mm). En tanto que la sal tiene dos tamaños de partículas (malla 40 = 0.42 mm y malla 60 = 0.25 mm) que son mayores a los anteriores ingredientes. Los micro-rastreadores tienen varios tamaños de partículas.

Los análisis químicos para los ingredientes de la premezcla de selenio (tabla XIX) de las materias primas muestran la cantidad de selenio en selenito de sodio (45.59%) está dentro del límite esperado. Así como el porcentaje de cloruro en la sal es el esperado (99.3%).

En cuanto a los análisis físicos de la premezcla de selenio (tabla XIX) muestra que tiene densidad y tamaño de partícula similar al carbonato de calcio que se encuentra en mayor proporción.

En la tabla XX se indica la importancia de la evaluación de las partículas y del aparato micro-rastreador, al pasar el carbonato de calcio a través del aparato micro-rastreador, se produce un coeficiente de variación de 3.7%, atribuyéndose lo anterior a varios factores como son:

- 1).- Los defectos que pueda tener el aparato al no retener o aglomerar las partículas.
- 2).- Si el imán del aparato tiene mucho tiempo de estar operando, puede llegar a perder eficiencia en detener las partículas.
- 3).- Tipo de ingrediente que se evalúe por ejemplo el carbonato de calcio, por su peso hace que se retengan mejor las partículas que cuando se emplea acemite.

Es importante hacer notar que la cantidad de partículas que teóricamente se espera en un gramo de micro-rastreadores, no corresponde a la misma, de 10 evaluaciones realizadas (con un contador manual y un imán) se obtiene un promedio de 29,430 partículas, produciendo esto un alto coeficiente de variación (7.55%) lo que se atribuye a que los micro-rastreadores no tienen partículas uniformes.

En la evaluación del indicador micro-rastreadores reporta en la tabla XXI que las muestras "F" y "G" (15 min. y durante la descarga) cumplen con los intervalos dados por la distribución de Poisson. Comparando la

Tabla XX

I Evaluación del funcionamiento del aparato micro-rastreador con carbonato de Calcio:

87 veces se registraron 12 partículas.
10 veces se registraron 11 partículas.
3 veces se registraron 10 partículas.

$$X = 11.84$$

$$S = 0.44$$

$$C. V. = 3.74$$

II Evaluación de las partículas.

1) Conteo

0.1 g de micro-rastreadores contiene:

2,932.00	partículas
2,960.00	partículas
2,600.00	partículas
3,014.00	partículas
2,972.00	partículas
2,918.00	partículas
2,672.00	partículas
2,826.00	partículas
3,368.00	partículas
3,170.00	partículas

$$X = 2,943.20 \text{ partículas}$$

$$S = 222.07 \text{ partículas}$$

$$C. V. = 7.55$$

2) Coloración de las partículas

De 100 partículas pintan todas

probabilidad de la distribución de Chi-cuadrada para los 7 tiempos de mezclado, muestra que está bastante baja pero las muestras "E" y "F" (12.5 y 15.0 min.) las probabilidades para que se repitan los resultados son un poco mejores. La muestra "A" (2.5 min.) indica claramente que los 3 últimos análisis realizados que corresponden a las posiciones 8, 9 y 10 de la mezcladora (fig. 17), no está operando adecuadamente. Nótese que los coeficientes de variación de los 7 tiempos van descendiendo y produciendo una pendiente negativa (-1.59) (gráfica 14), pero se tiene un coeficiente de correlación bajo (0.51). Con esto nos da que los micro-rastreadores no se puedan considerar como buen indicador del tiempo óptimo de mezclado. Además, de que todos los intervalos de confianza se encuentran la media esperada.

En los resultados obtenidos del indicador de selenio (XXII) las muestras "A", "B" y "C" en los cuatro últimos análisis, esto es, las posiciones 7, 8, 9 y 10 de la mezcladora (fig. 17) muestran resultados bastantes disparejos indicando que en esos puntos la mezcla no es homogénea. Comparándose los coeficientes de variación del indicador de selenio para los 7 tiempos de mezclado, se puede observar que se encuentran por arriba de la línea de un buen mezclado (C.V. máximo 10%) pero éstos van descendiendo con el transcurso del tiempo produciendo una pendiente negativa (-2.79) y muy pronunciada lo que indica que hay cambios de mezclado a los diferentes tiempos de evaluación. Sin embargo, tiene un coeficiente de variación bajo (0.69) mostrando que no es buen indicador para evaluar el mezclado. En los análisis estadísticos, los intervalos de confianza donde cae la media esperada con una probabilidad de 99% son a los 5.0, 7.5, 15.0 min. y durante la descarga (muestras "B", "C", "E" y "G"), a los 15 min. es la muestra más cercana a la media esperada.

En la evaluación del indicador de sal en la premezcla de selenio (tabla XXIII) se observa que 2.5 min. (muestra A) en las posiciones 8, 9 y 10 de la mezcladora (fig. 17), el mezclado tampoco es homogéneo coincidiendo éste dato con lo obtenido para los demás. En general los C.V. van descendiendo produciendo una pendiente negativa y pronunciada (-1.90) indicando que hay cambios de mezclado en los siete tiempos evaluados, el coeficiente de correlación es también bajo (0.59). En todos los intervalos de confianza a excepción del tiempo 2.5 min. la media es la esperada.

Los tres indicadores (micro-trazadores, selenio y sal) muestran una pendiente negativa y pronunciada (destacando ser mayor la del indicador

Tabla XXI

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador micro-rastreadores en una premezcla de Selenio.

I Número de partículas encontradas.

A	B	C	D	E	F	G
17 y 9	10 y 15	10 y 10	10 y 16	13 y 14	11 y 17	10 y 13
15 y 11	13 y 8	15 y 12	14 y 16	15 y 16	13 y 14	22 y 13
13 y 13	16 y 15	10 y 12	16 y 12	19 y 18	12 y 13	16 y 17
9 y 12	6 y 15	9 y 12	17 y 19	18 y 15	14 y 15	14 y 15
15 y 15	14 y 7	16 y 12	12 y 15	16 y 13	20 y 14	20 y 14
11 y 14	11 y 9	8 y 12	13 y 18	13 y 15	14 y 12	20 y 18
11 y 14	11 y 8	19 y 9	14 y 17	19 y 15	17 y 18	12 y 15
2 y 0	20 y 20	6 y 18	14 y 9	12 y 12	13 y 20	11 y 15
10 y 5	11 y 16	14 y 18	16 y 6	13 y 9	14 y 11	12 y 16
0 y 0	14 y 10	16 y 21	11 y 17	10 y 16	15 y 13	11 y 12

Distribución de Poisson

Probabilidades

99%	3.7-21.3	5.5-24.5	5.5-25.4	6.2-26.7	6.8-28.1	6.2-26.7	6.2-26.7
95%	4.7-18.4	6.9-22.3	6.9-22.3	7.7-23.5	8.4-24.8	7.7-23.5	7.7-23.5

Chi-cuadrada

Probabilidad

58.29	24.78	18.29	14.74	8.13	9.17	14.00
-0.0005	0.002	0.021	0.082	0.433	0.342	0.07

II Promedio del número de partículas encontradas.

A	B	C	D	E	F	G
13.0	12.5	10.0	13.0	13.5	14.0	11.5
13.0	11.5	13.5	15.0	15.5	13.5	17.5
13.0	15.5	11.0	14.0	18.5	12.5	16.5
10.5	10.5	10.5	18.0	16.5	14.5	14.5
15.0	10.5	14.0	13.5	14.5	17.0	17.0
12.5	10.0	10.0	13.5	15.0	13.0	19.0
12.5	9.5	14.0	15.5	17.0	17.5	13.5
2.0	20.0	12.0	11.5	12.0	16.5	13.0
7.5	13.5	16.0	11.0	11.0	12.5	14.0
-	12.0	18.5	14.0	13.0	14.0	11.5

	A	B	C	D	E	F	G
X	9.90	12.55	12.95	14.10	14.65	14.50	14.80
S	5.11	3.18	2.80	2.05	2.33	1.86	2.58
V.	51.60%	25.34%	21.62%	14.54%	15.90%	12.83%	17.43%

Intervalo de confianza

Probabilidad

95%	$X \pm 3.85$	$X \pm 2.40$	$X \pm 2.11$	$X \pm 1.54$	$X \pm 1.76$	$X \pm 1.40$	$X \pm 1.87$
99%	$X \pm 5.54$	$X \pm 3.45$	$X \pm 3.03$	$X \pm 2.22$	$X \pm 2.52$	$X \pm 2.02$	$X \pm 2.80$

media esperada 14 ± 10 % (12 a 16 partículas).

Donde:

A = 2.5 min.

B = 5.0 min.

C = 7.5 min.

D = 10.0 min.

E = 12.5 min.

F = 15.0 min.

G = descarga

X = media

S = desviación standard

C.V. = Coef. de variación

GRAFICA 14

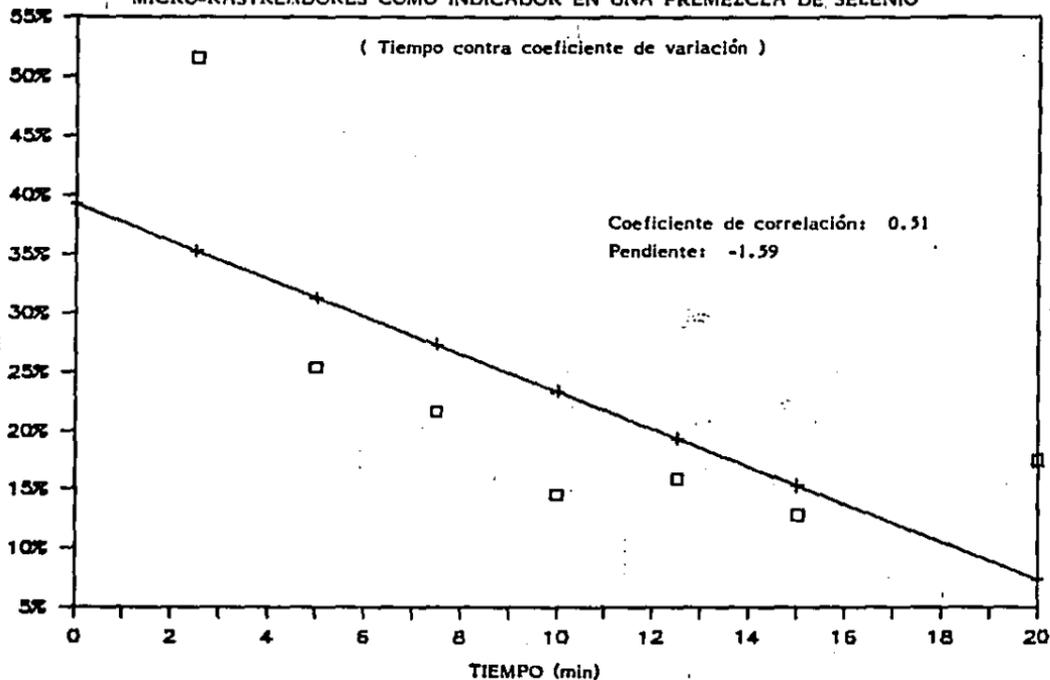
MICRO-RASTREADORES COMO INDICADOR EN UNA PREMEZCLA DE SELENIO

(Tiempo contra coeficiente de variación)

Coefficiente de correlación: 0.51

Pendiente: -1.59

- 611 -
C.V. (%)



DATOS EXP.

+ CORRELACION

Tabla XXII

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de Selenio en una premezcla de Selenio.

	A %	B %	C %	D %	E %	F %	G %
	1.95	2.28	2.33	2.13	1.56	1.52	1.61
	1.52	1.28	2.03	1.35	1.72	1.54	1.63
	2.00	1.10	1.82	1.83	1.74	2.32	1.70
	1.10	1.76	1.87	1.53	1.95	2.08	2.05
	1.49	1.49	1.96	1.83	2.35	2.35	2.13
	1.13	1.48	1.76	1.77	1.23	2.11	2.20
	- - -	0.99	- - -	1.80	1.78	1.65	1.53
	1.30	2.75	1.73	1.71	1.79	1.86	1.64
	0.15	0.94	1.06	1.96	1.36	2.16	1.71
	0.19	2.39	1.80	1.68	1.74	2.42	1.84
X (%)	1.08	1.65	1.64	1.76	1.72	2.00	1.80
S	0.73	0.63	0.66	0.22	0.31	0.34	0.24
C.V. (%)	67.59	38.18	40.24	12.50	18.02	17.00	13.33

Intervalo de confianza

Probabilidad

95%	X ± 0.55	X ± 0.47	X ± 0.50	X ± 0.17	X ± 0.23	X ± 0.26	X ± 0.18
99%	X ± 0.79	X ± 0.68	X ± 0.72	X ± 0.24	X ± 0.34	X ± 0.37	X ± 0.26

media poblacional 2.07%

Exponencial 10⁻²

Donde:

A = 2.5 min.

B = 5.0 min.

C = 7.5 min.

D = 10.0 min.

E = 12.5 min.

F = 15.0 min.

G = descarga

X = media

S = desviación standard

C.V. = Coef. de variación

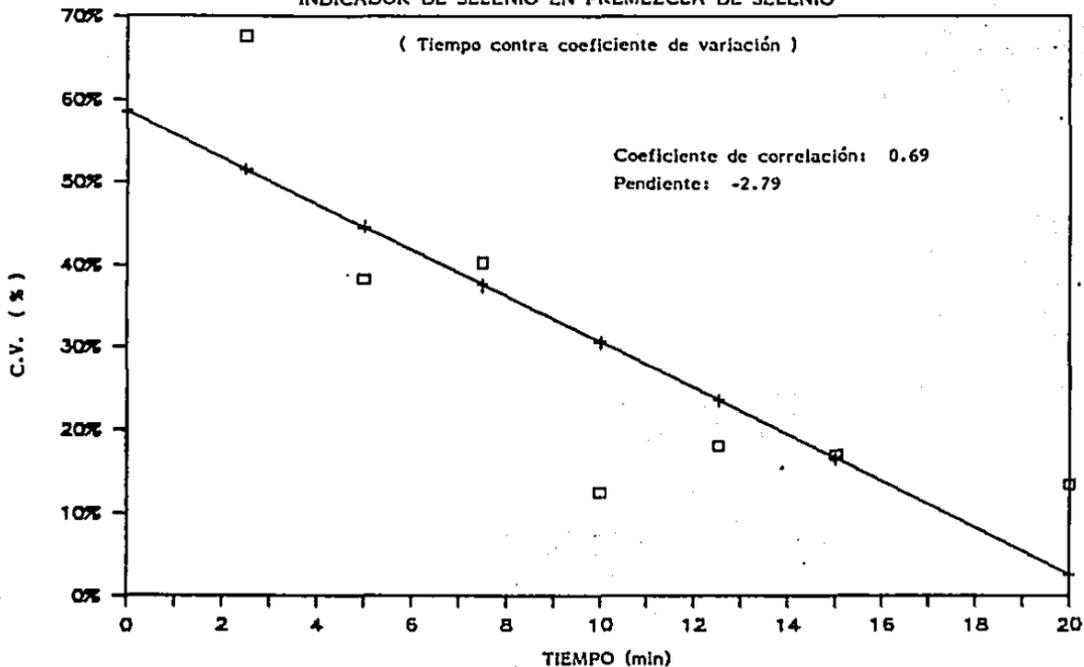
GRAFICA 15

INDICADOR DE SELENIO EN PREMEZCLA DE SELENIO

(Tiempo contra coeficiente de variación)

Coefficiente de correlación: 0.69

Pendiente: -2.79



DATOS EXP.

+ CORRELACION

Tabla XXIII

Determinación del tiempo óptimo de mezclado mediante el indicador de sal en una premezcla de Selenio.

	A %	B %	C %	D %	E %	F %	G %
	0.35	0.37	0.39	0.38	0.34	0.37	0.38
	0.20	0.45	0.35	0.40	0.27	0.36	0.41
	0.28	0.33	0.38	0.42	0.37	0.36	0.33
	0.27	0.37	0.40	0.39	0.40	0.45	0.42
	0.36	0.35	0.35	0.35	0.40	0.41	0.41
	0.40	0.38	0.32	0.27	0.35	0.39	0.41
	0.46	0.28	0.37	0.35	0.34	0.39	0.49
	0.04	0.69	0.35	0.32	0.32	0.38	0.47
	0.18	0.28	0.28	0.36	0.48	0.39	0.40
	0.14	0.40	0.37	0.34	0.36	0.37	0.41
X (%)	0.27	0.39	0.36	0.36	0.36	0.39	0.41
S	0.13	0.12	0.04	0.04	0.06	0.03	0.04
C.V. (%)	48.15	30.77	11.11	11.11	16.67	7.69	9.76
Intervalo de confianza							
Probabilidad							
95%	$X \pm 0.10$	$X \pm 0.09$	$X \pm 0.03$	$X \pm 0.03$	$X \pm 0.05$	$X \pm 0.02$	$X \pm 0.03$
99%	$X \pm 0.14$	$X \pm 0.13$	$X \pm 0.04$	$X \pm 0.04$	$X \pm 0.07$	$X \pm 0.03$	$X \pm 0.04$
media esperada	0.40%						

Donde:

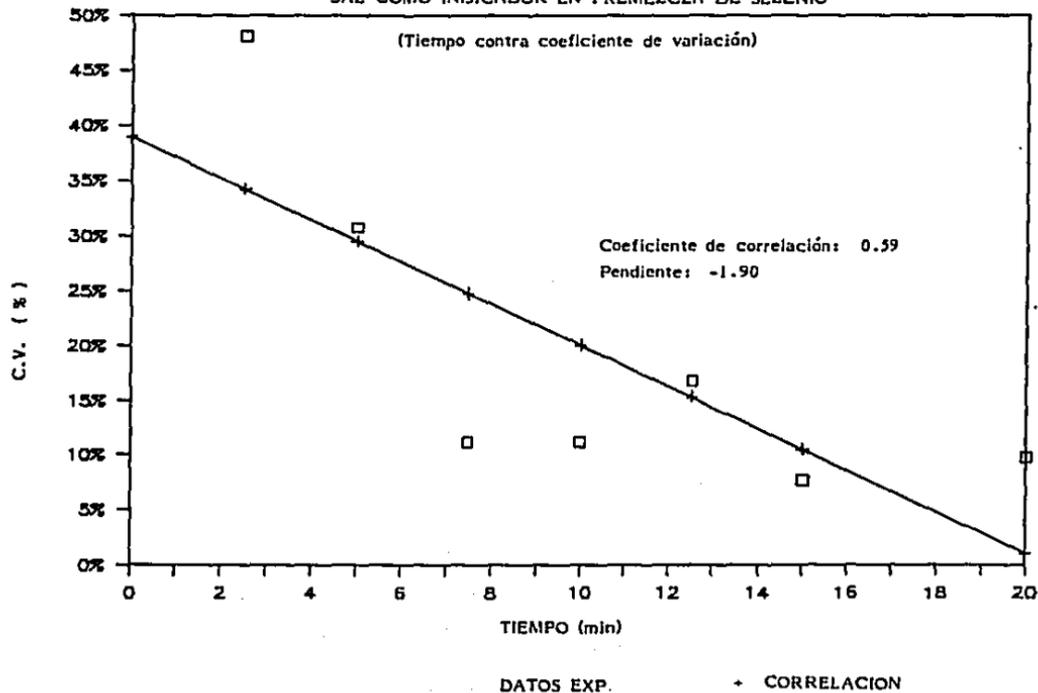
A = 2.5 min.
B = 5.0 min.
C = 7.5 min.

D = 10.0 min.
E = 12.5 min.
F = 15.0 min.
G = descarga

X = media
S = desviación standard
C.V. = Coef. de variación

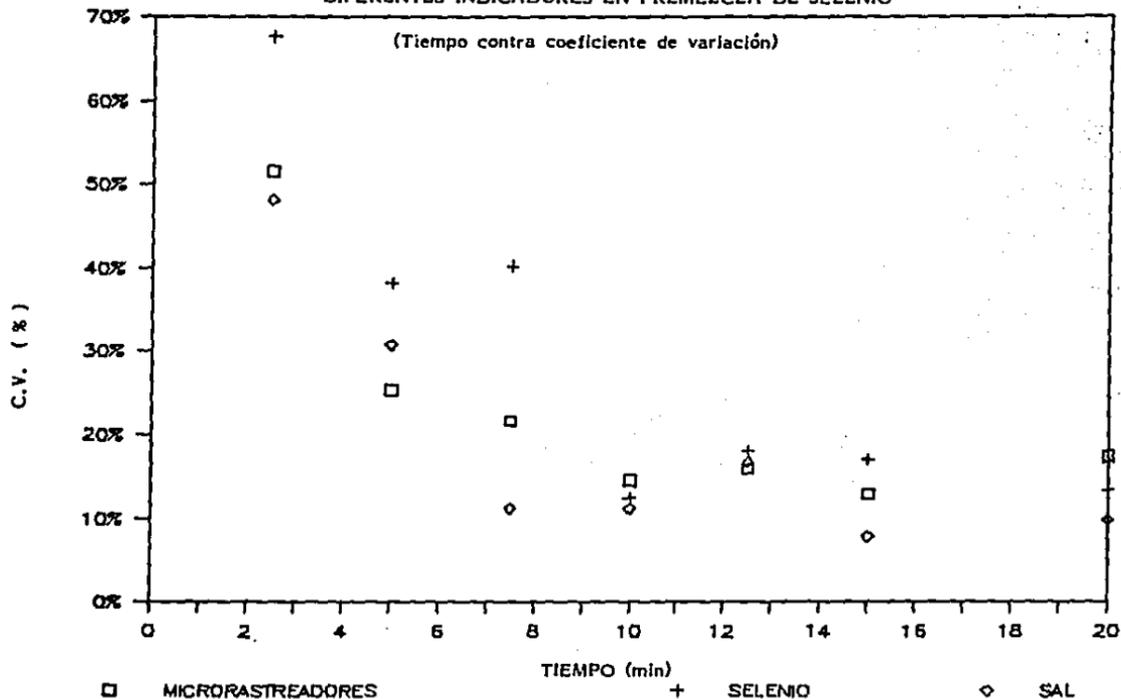
GRAFICA 16

SAL COMO INDICADOR EN PREMEZCLA DE SELENIO



GRAFICA 17

DIFERENTES INDICADORES EN PREMEZCLA DE SELENIO



de selenio); sin embargo, sus coeficientes de correlación son bajos. De lo anterior y en base a los resultados obtenidos se discute que de los tres indicadores que se utilizan en la mezcla y que se encuentran en pequeñas cantidades, el selenio es el que interesa que se encuentre homogéneamente disperso en la mezcla, por lo que se podría considerar como el indicador apropiado para la evaluación del mezclado. En tanto que los indicadores micro-rastreadores y sal solo pueden ayudar a orientar cual es el tiempo óptimo de mezclado siempre y cuando se trate de evitar los errores analíticos que pudieran presentarse.

En la tabla XXIV se muestra como a los 15 min. cae todas las medias esperadas de las diferentes pruebas, además que en ese tiempo la media muestral del selenio que es el indicador que interesa que esté homogéneo en la mezcla, se encuentra más cercana a la media esperada, indicando que ese es el tiempo óptimo de mezclado.

Tabla XXIV

I Diferentes indicadores para evaluar en cual de los tiempos se encuentran las medidas esperadas cercas a las medias muestrales en una premezcla de minerales.

Intervalos de confianza	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	Descarga
Micro-rastreadores	X	X	X	X	X	X	X
Selenio	-	X	X	-	-	X*	-
Sal	X	X*	X	X	X	X*	X*

II Pruebas realizadas a micro-rastreadores donde indican las probabilidades más altas -- para la misma premezcla.

Distribución de Poisson						X	X
Chi-cuadrada					X	X	

* Las más cercanas a la media esperada

CONCLUSIONES

En los análisis estadísticos del alimento terminado para cerdos en desarrollo, de los indicadores utilizados, el que muestra ser apropiado para evaluar la homogeneidad de mezclado, es el fósforo, y el tiempo óptimo es a los 4.0 min. Sin embargo, sería recomendable evaluar otros indicadores para su comparación con éste, como por ejemplo: Furazolidona, Sulfametazina, etc. Además, es sugerible que se analicen más tiempos de mezclado para conocer cual es la trayectoria del mezclado.

De los minerales evaluados en la premezcla de minerales, el cinc mostró ser buen indicador; y el tiempo en el cual todos los minerales se encuentran bien distribuidos son a los 20.0 min., por lo que se sugiere que se mezcle hasta 15.0 min., se descarge (para lograr los 20.0 min.) y durante ésta se muestree para corroborar con los resultados obtenidos.

En cuanto a la premezcla de selenio, el mejor indicador para evaluar el mezclado es el mismo, y éste es el que interesa que se encuentre bien distribuido en la mezcla, ya que se encuentra en muy pequeñas cantidades. El tiempo óptimo de mezclado en que el selenio está bien disperso en la mezcla, es a los 15.0 min.; por lo que se recomienda que se mezcle hasta 12.0 min., se descarge y durante ese momento se muestree para que también se corrobore con los resultados ya obtenidos.

De las 3 mezclas evaluadas en ninguno se obtuvo que los indicadores indirectos (sal y micro-rastreadores), son buenos para evaluar la homogeneidad de mezclado; sin embargo, pueden ayudar a orientar cual es el tiempo óptimo.

Los resultados obtenidos en las tres evaluaciones de mezclado (alimento terminado, premezcla minerales y selenio), muestran que no hay principios teóricos que indiquen las condiciones óptimas para lograr, bajo diferentes situaciones una homogenización consistente adecuada a los ingredientes que se utilizan en la Industria de uso pecuario. Además, se muestra la importancia del mezclado dentro del proceso, ya que una mala distribución de los nutrimentos puede llegar a ocasionar grandes pérdidas económicas, tanto de avicultor y/o ganadero como el fabricante del alimento.

Apéndice A

Tabla para estimar los intervalos para medias (pequeñas muestras).

α	$t_{.95}$	$t_{.90}$	$t_{.85}$	$t_{.80}$	$t_{.75}$	$t_{.70}$	$t_{.65}$	$t_{.60}$	$t_{.55}$	$t_{.50}$	$t_{.45}$	$t_{.40}$	$t_{.35}$	$t_{.30}$	$t_{.25}$	$t_{.20}$	$t_{.15}$	$t_{.10}$	$t_{.05}$
1	.198	.328	.477	1.000	1.376	2.008	3.081	4.771	7.171	10.000	13.764	19.000	26.000	35.000	46.000	59.000	75.000	95.000	120.000
2	.142	.289	.417	.816	1.061	1.89	2.92	4.30	6.96	9.92	13.84	19.00	26.00	35.00	46.00	59.00	75.00	95.00	120.00
3	.137	.277	.404	.766	.978	1.84	2.76	4.14	6.54	9.34	13.16	18.00	25.00	34.00	45.00	58.00	74.00	94.00	119.00
4	.134	.271	.399	.741	.941	1.83	2.73	4.13	6.53	9.33	13.15	18.00	25.00	34.00	45.00	58.00	74.00	94.00	119.00
5	.132	.267	.397	.727	.920	1.82	2.72	4.12	6.52	9.32	13.14	17.99	24.99	33.99	44.99	57.99	73.99	93.99	118.99
6	.131	.265	.395	.718	.904	1.81	2.71	4.11	6.51	9.31	13.13	17.98	24.98	33.98	44.98	57.98	73.98	93.98	118.98
7	.130	.263	.394	.711	.888	1.80	2.70	4.10	6.50	9.30	13.12	17.97	24.97	33.97	44.97	57.97	73.97	93.97	118.97
8	.130	.262	.393	.706	.879	1.80	2.69	4.09	6.49	9.29	13.11	17.96	24.96	33.96	44.96	57.96	73.96	93.96	118.96
9	.129	.261	.393	.703	.873	1.79	2.68	4.08	6.48	9.28	13.10	17.95	24.95	33.95	44.95	57.95	73.95	93.95	118.95
10	.129	.260	.392	.700	.879	1.77	2.67	4.07	6.47	9.27	13.09	17.94	24.94	33.94	44.94	57.94	73.94	93.94	118.94
11	.129	.260	.392	.697	.876	1.76	2.66	4.06	6.46	9.26	13.08	17.93	24.93	33.93	44.93	57.93	73.93	93.93	118.93
12	.128	.259	.391	.696	.873	1.75	2.65	4.05	6.45	9.25	13.07	17.92	24.92	33.92	44.92	57.92	73.92	93.92	118.92
13	.128	.259	.391	.694	.870	1.74	2.64	4.04	6.44	9.24	13.06	17.91	24.91	33.91	44.91	57.91	73.91	93.91	118.91
14	.128	.258	.390	.692	.868	1.74	2.64	4.04	6.44	9.24	13.05	17.90	24.90	33.90	44.90	57.90	73.90	93.90	118.90
15	.128	.258	.390	.691	.866	1.73	2.63	4.03	6.43	9.23	13.04	17.89	24.89	33.89	44.89	57.89	73.89	93.89	118.89
16	.128	.258	.390	.690	.865	1.73	2.63	4.03	6.43	9.23	13.03	17.88	24.88	33.88	44.88	57.88	73.88	93.88	118.88
17	.128	.257	.389	.689	.863	1.72	2.62	4.02	6.42	9.22	13.02	17.87	24.87	33.87	44.87	57.87	73.87	93.87	118.87
18	.127	.257	.389	.688	.862	1.71	2.61	4.01	6.41	9.21	13.01	17.86	24.86	33.86	44.86	57.86	73.86	93.86	118.86
19	.127	.257	.388	.688	.861	1.71	2.61	4.01	6.41	9.21	13.00	17.85	24.85	33.85	44.85	57.85	73.85	93.85	118.85
20	.127	.257	.388	.687	.860	1.70	2.60	4.00	6.40	9.20	12.99	17.84	24.84	33.84	44.84	57.84	73.84	93.84	118.84
21	.127	.257	.388	.686	.859	1.70	2.60	4.00	6.40	9.20	12.98	17.83	24.83	33.83	44.83	57.83	73.83	93.83	118.83
22	.127	.256	.387	.686	.858	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.97	17.82	24.82	33.82	44.82	57.82	73.82	93.82	118.82
23	.127	.256	.387	.685	.857	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.96	17.81	24.81	33.81	44.81	57.81	73.81	93.81	118.81
24	.127	.256	.387	.685	.857	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.95	17.80	24.80	33.80	44.80	57.80	73.80	93.80	118.80
25	.127	.256	.387	.684	.856	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.94	17.79	24.79	33.79	44.79	57.79	73.79	93.79	118.79
26	.127	.256	.387	.684	.856	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.93	17.78	24.78	33.78	44.78	57.78	73.78	93.78	118.78
27	.127	.256	.387	.684	.856	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.92	17.77	24.77	33.77	44.77	57.77	73.77	93.77	118.77
28	.127	.256	.387	.683	.855	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.91	17.76	24.76	33.76	44.76	57.76	73.76	93.76	118.76
29	.127	.256	.387	.683	.854	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.90	17.75	24.75	33.75	44.75	57.75	73.75	93.75	118.75
30	.127	.256	.387	.683	.854	1.70	2.59	3.99	6.39	9.19	12.89	17.74	24.74	33.74	44.74	57.74	73.74	93.74	118.74
40	.126	.255	.387	.681	.851	1.70	2.58	3.98	6.38	9.18	12.87	17.72	24.72	33.72	44.72	57.72	73.72	93.72	118.72
60	.126	.254	.387	.679	.848	1.70	2.57	3.97	6.37	9.17	12.85	17.70	24.70	33.70	44.70	57.70	73.70	93.70	118.70
120	.126	.254	.386	.677	.846	1.70	2.57	3.97	6.37	9.17	12.83	17.68	24.68	33.68	44.68	57.68	73.68	93.68	118.68
∞	.126	.253	.384	.674	.842	1.70	2.56	3.96	6.36	9.16	12.81	17.66	24.66	33.66	44.66	57.66	73.66	93.66	118.66

Fuente: R.A. Fisher y F. Yates, *Statistical Tables for Biological Agricultural and Medical Research*, publicado por Longman Group Ltd.

Apéndice B

Distribución de Poisson

MEDIA ESPERADA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA				MEDIA ESPERADA	NIVEL DE SIGNIFICANCIA			
	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.05$		$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.05$
	Límite Mínimo	Límite Máximo	Límite Mínimo	Límite Máximo		Límite Mínimo	Límite Máximo	Límite Mínimo	Límite Máximo
0	0.0	5.3	0.0	3.7					
1	0.0	7.4	0.1	5.6	26	14.7	42.2	17.0	38.0
2	0.1	9.3	0.2	7.2	27	15.4	43.5	17.8	39.2
3	0.3	11.0	0.6	8.8	28	16.2	44.8	18.6	40.4
4	0.6	12.6	1.0	10.2	29	17.0	46.0	19.4	41.6
5	1.0	14.1	1.6	11.7	30	17.7	47.2	20.2	42.8
6	1.5	15.6	2.2	13.1	31	18.5	48.4	21.0	44.0
7	2.0	17.1	2.8	14.4	32	19.1	49.6	21.8	45.1
8	2.5	18.5	3.4	15.8	33	20.0	50.8	22.7	46.3
9	3.1	20.0	4.0	17.1	34	20.8	52.1	23.5	47.5
10	3.7	21.3	4.7	18.4	35	21.6	53.3	24.3	48.7
11	4.3	22.6	5.4	19.7	36	22.4	54.5	25.1	49.8
12	4.9	24.0	6.2	21.0	37	23.2	55.7	26.0	51.0
13	5.5	25.4	6.9	22.3	38	24.0	56.9	26.8	52.2
14	6.2	26.7	7.7	23.5	39	24.8	58.1	27.7	53.3
15	6.8	28.1	8.4	24.8	40	25.6	59.3	28.6	54.5
16	7.5	29.4	9.4	26.0	41	26.4	60.5	29.4	55.6
17	8.2	30.7	9.9	27.2	42	27.2	61.7	30.3	56.8
18	8.9	32.0	10.7	28.4	43	28.0	62.9	31.1	57.9
19	9.6	33.3	11.5	29.6	44	28.8	64.1	32.0	59.0
20	10.3	34.6	12.2	30.8	45	29.6	65.3	32.8	60.2
21	11.0	35.9	13.0	32.0	46	30.4	66.5	33.6	61.1
22	11.8	37.2	13.8	33.2	47	31.2	67.7	34.5	62.5
23	12.5	38.4	14.6	34.4	48	32.0	68.9	35.3	63.6
24	13.2	39.7	15.4	35.6	49	32.8	70.1	36.1	64.8
25	14.0	41.0	16.2	36.8	50	33.6	71.3	37.0	65.9

Fuentes: Richer W.E., Journal of the American Statistical Association, Vol. 32, págs. 349-386, Washington, D.C., 1937

Apéndice C

Distribución Chi-cuadrado

Grados de libertad (n-2)

χ^2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	.317	.607	.801	.910	.963	.986	.995	.998	.999	.999	.999	.999	.999	.999	*	*	*	*	*	*
2	.157	.368	.572	.736	.849	.920	.960	.981	.991	.996	.998	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999	*	*
3	.083	.223	.382	.558	.700	.809	.885	.934	.964	.981	.991	.996	.998	.999	.999	.999	.999	.999	.999	.999
4	.046	.135	.261	.406	.549	.677	.780	.857	.911	.947	.970	.983	.991	.995	.998	.999	.999	.999	.999	.999
5	.023	.082	.172	.287	.416	.544	.660	.758	.834	.891	.931	.958	.975	.986	.992	.996	.998	.999	.999	.999
6	.014	.050	.112	.199	.306	.423	.540	.647	.740	.815	.873	.916	.946	.966	.980	.988	.993	.996	.998	.999
7	.008	.030	.072	.136	.221	.321	.429	.537	.637	.725	.799	.858	.902	.935	.958	.973	.984	.990	.994	.997
8	.005	.018	.046	.092	.156	.238	.333	.433	.534	.629	.713	.785	.844	.889	.924	.949	.967	.979	.987	.992
9	.003	.011	.029	.061	.109	.174	.253	.342	.437	.532	.622	.703	.773	.831	.878	.913	.940	.960	.973	.983
10	.002	.007	.019	.040	.075	.125	.189	.265	.350	.440	.530	.616	.694	.762	.820	.867	.904	.932	.953	.968
11	.001	.004	.012	.027	.051	.088	.139	.202	.276	.358	.443	.529	.611	.686	.753	.809	.857	.894	.924	.946
12	.001	.002	.007	.017	.035	.062	.101	.151	.213	.285	.363	.446	.528	.606	.679	.744	.800	.847	.886	.916
13	**	.001	.005	.011	.023	.043	.072	.112	.163	.224	.293	.369	.448	.527	.602	.673	.736	.792	.839	.877
14	**	.001	.003	.007	.016	.030	.051	.082	.122	.173	.233	.301	.374	.450	.526	.599	.667	.729	.784	.830
15	**	.001	.002	.005	.010	.020	.036	.059	.091	.132	.182	.241	.307	.378	.451	.525	.593	.662	.723	.776

χ^2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	**	**	.001	.003	.007	.014	.025	.042	.067	.100	.141	.191	.249	.313	.382	.453	.524	.593	.657	.717
17	**	**	.001	.002	.004	.009	.017	.030	.049	.074	.108	.150	.199	.256	.319	.386	.454	.523	.590	.653
18	**	**	**	.001	.003	.006	.012	.021	.035	.053	.082	.116	.158	.207	.263	.324	.389	.456	.522	.587
19	**	**	**	.001	.002	.004	.008	.015	.025	.040	.061	.089	.123	.165	.214	.269	.329	.392	.457	.522
20	**	**	**	**	.001	.003	.006	.010	.018	.029	.045	.067	.095	.130	.172	.220	.274	.333	.395	.458
21	**	**	**	**	.001	.002	.004	.007	.013	.021	.033	.050	.073	.102	.137	.179	.226	.279	.337	.397
22	**	**	**	**	.001	.001	.003	.005	.009	.015	.024	.038	.055	.079	.108	.143	.185	.232	.284	.341
23	**	**	**	**	**	.001	.002	.003	.006	.011	.018	.028	.042	.060	.084	.114	.149	.191	.237	.289
24	**	**	**	**	**	.001	.001	.002	.004	.008	.013	.020	.031	.046	.065	.090	.119	.155	.196	.242
25	**	**	**	**	**	.001	.002	.003	.005	.009	.015	.023	.035	.050	.070	.095	.125	.161	.201	
26	**	**	**	**	**	.001	.001	.002	.004	.006	.011	.017	.026	.038	.054	.074	.100	.130	.166	
27	**	**	**	**	**	**	.001	.001	.003	.005	.008	.012	.019	.029	.041	.058	.079	.105	.133	
28	**	**	**	**	**	**	**	.001	.002	.003	.006	.009	.014	.022	.032	.045	.062	.083	.109	
29	**	**	**	**	**	**	**	.001	.001	.002	.004	.007	.010	.016	.024	.033	.048	.066	.088	
30	**	**	**	**	**	**	**	**	.001	.002	.003	.005	.008	.012	.018	.026	.037	.052	.070	

Fuentes: A.E. Trelor, Elements of Statical Reasoning, Courtesy John Wiley and Sons., Inc. págs. 246-247, 1939.

mayor que .9995
menor que .0005

BIBLIOGRAFIA

1. A.A.C.C., American Association of Cereal Chemists, Ed. 3, St. Paul Minnesota, (1983).
2. Angulo, J.A., Estudios Técnicos para la Instalación de una Planta Productora de Alimentos Balanceados para Animales usando Materiales de Desperdicio, TESIS DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO, México, D.F., pág. 53, (1985).
3. Anon, Comparison of Homogeneity Test with Various Indicators, Part I: A look at homogeneity concepts and two indicators, FEED INTERNATIONAL 35:3:36-41 (1984).
4. Anon, Comparison of Homogeneity test, Part. II: Test with tracers present in lower and higher number, FEED INTERNATIONAL 35:4:36 (1984).
5. A.O.A.C., Official Methods of Analysis. Ass. Offic. Agric. Chem, 2nd. Ed. Washington D.C., Metodos: XVI, 2.096, 7.016, 14.006, 22.042 (1975).
6. Appel, W.B., Physical Properties of Feed Ingredients, FEED MANUFACTURING TECHNOLOGY III, McElhiney R.R., American Feed Industry Association, Inc. Arlington Virginia, 557-562 (1975).
7. Asetine, M.S., Importance of Dietary Minerals often over looked, FEEDSTUFFS, 59:4:18-19 (1987).
8. Badger, L.W. y Banchemo, T.J. Introducción a la Ingeniería Química, 1ra. Edición, McGraw-hill, México, D.F., págs. 631-638 y 694 (1984).
9. Bartik, M., Veterinary Toxicology, University of Veterinary Medicine, Kosvice Czechoslovakia, Ed. ELSERVIER SCIENTIFIC PUBLISHING Co., Amsterdam Oxford, New York (1981).

10. Behnke, K.C., The Art of Mixing Microingredients, FEED IN TERNATIONAL 35:9: 60-68 (1984).
11. Bloom, C. and Livesey E.F., Particle Size for Additives to Animal Foods, MANUFACTURING CHEMIST 24:371-375 (1953).
12. Cline, Al., Statlcal Evaluation of Feed Uniformity, FEEDSTUFFS 50:26:40-41 (1978).
13. Cullison, A.E., Alimentos y Alimentación de Animales, Ira. Ed. Editorial Diana, México, D.F. (1983).
14. Deyoe, C.W., and Lonngbotton, R.A., Properties of Feed and Food Ingredients Affecting Mixing and Pelleting, Animal Health Products. Monkouse, D. C., AMERICAN PHARMACEUTICAL ASS. Washington, págs. 115-125 (1978).
15. Emmett, J., Importance of Feed Mixing is Often Forgotten in plants, FEEDSTUFFS 58:21:E1-E2 (1986).
16. Flores, M.J. Bromatología Animal, 2da. Edición, Editorial Limusa, México, D.F., págs. 783-841 (1980).
17. García, L.R. Relación Nutricionales de la Vitamina E y el Selenio, VIII Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura, AMENA, México, D.F., págs. 53-73 (1987).
18. Hall, G. Mezcladoras y Técnicas de Mezclado, TECNOLOGIA AVIPECUARIA. Año 3, No. 3, págs. 3-7 (1988).
19. Jensen, A.H. Dietary Nutrient Allowances for swine, FEEDSTUFFS 58:30:38-42 (1986).
20. Kolb, E. Microfactores en Nutrición Animal, Editorial Acribia, Zaragoza, España, págs. 25, 113-232 (1972).
21. Lower, R.H. Are We Mixing Feed as We should? POULTRY IN TERNATIONAL 24:6:42-48 (1985).

22. Lozano, P.F. y Martínez, V.A. La Industria Alimenticia Animal en México. CANACINTRA, México, D.F., pág. 5 (1987).
23. McDowell, L.R. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales, DEPARTAMENTO DE CIENCIA ANIMAL CENTRO DE AGRICULTURA TROPICAL UNIVERSIDAD DE FLORIDA, Gaiwaville (1984).
24. McElhiney, R.R. Dilution in a premix, FEED INTERNATIONAL 34:7:29-32 (1983).
25. McElhiney, R.R. Premixes and Premixing, FEED MANUFACTURING SHORT COURSE, Kansas State University, pág. 1-23, September 29 - October 10 (1986).
26. McElhiney, R.R. Mixing and Mixers, FEED MANUFACTURING SHORT COURSE, Kansas State University, págs. 1-23, September 29 - October 10 (1986).
27. McElhiney, R.R. Problems with mixing, FEED INTERNATIONAL, 3:5:34-36, 38 (1982).
28. Meiske, J.C. Trace Minerals are Important in Ration Formulation, FEEDSTUFFS 58:42:16, 19 (1986).
29. Micro-Tracers. Inc. Micro-tracer Rotary Detector, 1375 Van Dyke Avenue, San Francisco, California 94124 (1975).
30. Micro-Tracers. Inc. Quality Assurance with Microtracers G., 1375 Van Dyke Avenue, San Francisco, California, 94124 (1976).
31. Micro-Tracers. Inc. Quality Assurance with new microtracers F, 1375 Van Dyke Avenue, San Francisco, California 94124 (1976).
32. Navarrete, L.D. Conceptos de Mezclas y Micromezclas para Alimentos Balanceados, ELANCO MEXICANA, S.A. DE C.V., México, D.F., págs. 1-66 (1985).
33. Noth, O.M. Manual de Producción Avícola, 2da. Edición, Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V., México, D.F., págs. 517-532 (1982).

34. Perry, R.H. and Chilton, C.H. Chemical Engineers Handbook Perry, R.H., 5th. Ed. McGraw-Hill KOGAKU SHA, LTD, Tokyo (1980).
35. Pfost, H.B. Feed Mixing, FEED MANUFACTURING TECHNOLOGY, Kansas State University, pag. 85-103 (1976).
36. Pfost, H.B., Deyoe, C., Stevens, C. and Morgan, E. Physical Characteristics of Feed Microingredients, FEEDSTUFFS 38:45:62-64 (1966).
37. Pfost, H.B., Deyoe, C., Stevens, C. and Morgan, E. Testing and Performance of a Vertical Twin Screw Mixer, FEEDSTUFFS 38:47:62-66 (1966).
38. Pfost, H.B., Deyoe, C., Stevens, C. and Morgan, E. Testing Feed Mixtures, Mixer and Related Equipment, 38:46:32-40 (1966).
39. Ponce de León, J. Aspectos Básicos para la mezcla de Minerales en Alimentos Balanceados. Primer Simposio, El Fósforo en la Nutrición Animal, México, D.F., pág. 66-75 (1988).
40. Puaca, V. Premixers in The Compound Feeds Industry, F. HOFFMAN-LA ROCHE Co. Ltd. Basle Switzerland, págs. 5-58 (1981).
41. Roche S.A. de C.V. Problemas Actuales en el Suministro de Vitaminas y Medidas para Satisfacer los Requerimientos de Alimentos para Animales Domésticos, REVISTA PORCIRAMA, Año 11, Vol. XI, No. 127, págs. 27-36 (1986).
42. Spiegel, M.R. Probabilidad y Estadística, SCHAUM, Ed. McGraw-Hill, México, D.F., págs. 193-202 (1982).
43. Scott, M.L. Dietary Nutrient Allowances for Chickens, Turkeys, FEEDSTUFFS 38:30:62-65 (1986).
44. Shimada, S.A. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa, Ed. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, Km 15.5 carretera México-Toluca (1983).

45. Vries de, P.F. Blending and Mixing, FEED INTERNATIONAL 37: 4:53-58 (1984).
46. Vogel, J.A. Química Analítica Cualitativa, Editorial Hapelusz, Buenos Aires, págs. 217. (1974).
47. Wilcox, R.A. and Balding, J.L. Feed manufacturing problems incomplete mixing and segregation, COOPERATIVE EXTENSION SERVICE, Kansas State University, págs. 1-6 (1981).
48. Wilcox, R.A. and Unruh, D.L. Feed Mixers and Feed Mixing Times, COOPERATIVE EXTENSION SERVICE, Kansas State University MF-829 (1986).
49. Wilcox, R.A. Horizontal Mixer Performance, FEED INTERNATIONAL 38:12:18-26 (1987).
50. Wilcox, R.A. Mixing Tests and Suggested Tests for Batch Mixers, FEED ADITIVE COMPENDIUM AFMA (1986)
51. Secretaría de Industria y Comercio. Norma oficial de método de prueba para la determinación de la granulometría en materiales pulverulentos o granulados, (DGN-K-369-1972).
52. Secretaría de Industria y Comercio. Roca Fosfórica destinada a la alimentación animal como fuente de Fósforo y Calcio, (NOM-Y-165-A-1980).
53. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Alimentos para animales - pasta de frijol de soya, (NOM-Y-194-A-1981).
54. McDowell, L.R., Conrad, J.H., Thomas, E.J., Harris, E.L., Tablas de Composición de Alimentos de América Latina, UNIVERSIDAD DE FLORIDA GAINESVILLE, Florida (1974).
55. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Carbonato de Calcio Precipitado, (NOM-K-33) (1986).
56. AFMA. Feed Ingredient Guide, AMERICAN FEED MANUFACTURERS ASSOCIATION INC., Arlington, Va. (1978).