

2009

Evaluación de la reducción de aflatoxina M1 con dos tratamientos térmicos respecto a leche cruda en hatos de la sabana de Bogotá

John Jairo Zambrano Castiblanco
Universidad de La Salle, Bogotá

Ninfa Rocio Martinez Lopez
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia>



Part of the [Dairy Science Commons](#)

Citación recomendada

Zambrano Castiblanco, J. J., & Martinez Lopez, N. R. (2009). Evaluación de la reducción de aflatoxina M1 con dos tratamientos térmicos respecto a leche cruda en hatos de la sabana de Bogotá. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/81>

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ciencias Agropecuarias at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Zootecnia by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**EVALUACION DE LA REDUCCION DE AFLATOXINA M1 CON DOS
TRATAMIENTOS TERMICOS RESPECTO A LECHE CRUDA EN HATOS
DE LA SABANA DE BOGOTA**

**JOHN JAIRO ZAMBRANO CASTIBLANCO
NINFA ROCIO MARTINEZ LOPEZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SANTA FE DE BOGOTA D.C.**

2009

**EVALUACION DE LA REDUCCION DE AFLATOXINA M1 CON DOS
TRATAMIENTOS TERMICOS RESPECTO A LECHE CRUDA EN HATOS
DE LA SABANA DE BOGOTA**

**JOHN JAIRO ZAMBRANO CASTIBLANCO
NINFA ROCIO MARTINEZ LOPEZ**

Trabajo de Grado para optar por el Titulo de Zootecnista

**DIRECTORA
ESPERANZA NEIRA BERMUDEZ
Zootecnista Universidad de Nariño
Especialista en Ciencia y Tecnologia de Alimentos UN**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
FACULTAD DE ZOOTECNIA
SANTA FE DE BOGOTA D.C.**

2009

DIRECTIVAS

**HERMANO CARLOS GABRIEL GOMEZ RESTREPO F.S.C
RECTOR**

**HERMANO FABIO CORONADO PADILLA F.S.C.
VICERRECTOR ACADEMICO**

**HERMANO CARLOS ALBERTO PABON MENESES F.S.C.
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO HUMANO**

**HERMANO MANUEL CANCELADO JIMENEZ F.S.C.
VICERRECTOR DE INVESTIGACION Y TRANSFERENCIA**

**DOCTOR MAURICIO FERNANDEZ FERNANDEZ
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

**DOCTORA PATRICIA INES ORTIZ VALENCIA
SECRETARIA GENERAL**

**DOCTOR LUIS CARLOS VILLAMIL JIMENEZ
DECANO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**DOCTOR JOS LECONTE
SECRETARIO ACADEMICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**DOCTOR RAFAEL IGNACIO PAREJA MEJIA
DIRECTOR PROGRAMA ZOOTECNIA**

**DOCTOR ALEJANDRO TOBON GONZALEZ
ASISTENTE ACADEMICO**

APROBACION

DOCTOR RAFAEL IGNACIO PAREJA MEJIA
DIRECTOR PROGRAMA ZOOTECNIA

DOCTOR ALEJANDRO TOBON GONZALEZ
ASISTENTE ACADEMICO

DOCTORA ESPERANZA NEIRA
DIRECTORA DE TRABAJO DE GRADO

DOCTORA RUTH RODRIGUEZ ANDRADE
JURADO

DOCTORA CLAUDIA PATRICIA ALVAREZ O.
JURADO

DEDICATORIA

***“A nuestros Padres a quienes les agradecemos
Su apoyo incondicional en todas las etapas de nuestra vida”***

AGRADECIMIENTOS

En este nuestro trabajo que ha sido fruto de varios años de esfuerzo, queremos agradecer primero que todo a Dios por darnos la oportunidad de vivir.

A nuestros padres quienes fueron las personas que nos impulsaron y apoyaron para concluir con esta etapa en nuestra vida.

A todos los miembros de la empresa Productos Naturales de la Sabana S.A. Alquería que estuvieron relacionados de alguna forma con el desarrollo experimental de nuestro trabajo.

A la Dra. Esperanza Neira directora del trabajo, a quien le agradecemos su disposición, paciencia y gran apoyo durante el desarrollo de nuestra investigación.

...Son tantas las personas a las que de alguna forma tenemos que expresar nuestro agradecimiento y muchas más las que se nos escapan en este escrito a todos ellos.....

¡Gracias..... Muchas gracias!

RESUMEN

Las Aflatoxinas son metabolitos secundarios de origen fúngico, que causan efectos tóxicos en animales y en el hombre cuando son incorporadas por vía oral. La aflatoxina B1 puede causar daño hepático, inmunosupresión, deficiencia reproductiva y reducir la producción de leche; al ser ingerida por los animales a través de concentrados o granos contaminados con la aflatoxina. La aflatoxina M1 es el metabolito hidroxilado de aflatoxina B1 acumulada en el hígado del animal, el cual es excretado a través de la orina y la leche. Por tal razón se desarrolló este estudio buscando analizar y comparar los efectos de dos procesos térmicos, termización (62 – 68°C / 30 seg); y ultra pasterización (138 – 142°C / 15 seg). Para determinar los niveles de aflatoxina M1 presentes en las fincas lecheras, se evaluaron 40 hatos de la sabana de Bogotá de diferentes volúmenes de leche y tipos de alimentación, utilizando la prueba de Charm SL Aflatoxina se observó que la concentración de aflatoxina M1 oscilaba entre 0 a 319 ppt en leche cruda, diferente a los datos arrojados en la prueba por el proceso de termización donde la concentración fue de 195, 205 y 260 ppt y en UHT de 89, 115 y 160 ppt, en tres periodos, siendo todos menores a la norma ICONTEC. Igualmente se encontraron diferencias altamente significativas en relación a la leche cruda frente a los dos tratamientos térmicos, y se observó que la leche tratada térmicamente con ultra pasterización reduce la presencia de aflatoxina M1 comparada con la leche cruda y la leche termizada.

ABSTRACT

Aflatoxins are secondary metabolites produced by fungus and when they are consumed by animals and humans can have toxic effects. Aflatoxin B1 can lead to liver damage, immunosuppression, reproductive deficiency and reduction in milk production when animals are fed with contaminated processed food or grains. Aflatoxin M1 is the hydroxylated form of the aflatoxin B1 which accumulates in liver and is excreted in urine and milk. Monitoring of mycotoxin levels in raw materials and subproducts of animal foods like processed food or supplements are of vital importance in the livestock sector to prevent large losses in milk production levels. For this reason in this study we analyzed and compared the effects of two thermal treatments: termization: 62 – 68°C for 30 seconds and ultra-pasteurization: 138 – 142°C for 15 seconds. To determine the levels of aflatoxin M1 present in dairy farms, 40 herds with different milk volumes and food types were evaluated using Charm SL. Aflatoxina M1 test. Levels of aflatoxin M1 ranging from 0 to 319 ppt were observed in raw milk; which differs from the termization treatment whose level of aflatoxins were 195, 205 and 260 ppt and 89, 115 and 160 ppt in the ultra-pasteurization treatment for the three evaluated periods. Our studies indicate that milk treated thermally with ultra-pasteurization reduces the presence of aflatoxin M1 by a greater proportion than the treatment with termization and also that the temperature at which it presented the greater reduction of aflatoxin M1 was 138 – 142°C for 15 seconds.

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|-------------|
| INTRODUCCION | 13 |
| 1. OBJETIVOS | 16 |
| 1.1. OBJETIVO GENERAL | 16 |
| 1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS | 16 |
| 2. MARCO TEORICO | 17 |
| 2.1. AFLATOXINA | 17 |
| 2.1.1. Origen de las Aflatoxinas | 18 |
| 2.1.2. Toxicidad | 19 |
| 2.1.3. Factores que Influencian la capacidad toxigenica | 19 |
| 2.1.3.1. Factores Intrínsecos | 19 |
| 2.1.3.2. Factores Extrínsecos | 20 |
| 2.2. AFLATOXINA M1 | 21 |
| 2.2.1. Efectos de la Aflatoxina B1 sobre el animal, absorción y Transmisión dentro de su organismo | 22 |
| 2.2.2. Relación entre la cantidad de AFB1 ingerida y la Concentración de AFM1 excretada en la leche. | 23 |
| 2.2.3. Estabilidad de las Micotoxinas en productos lácteos | 25 |
| 2.2.4. Efectos nocivos de las Aflatoxinas en Humanos | 26 |
| 2.3. AFLATOXINAS EN COLOMBIA | 27 |
| 2.3.1. Regulaciones | 27 |
| 2.4. TRATAMIENTOS TERMICOS | 28 |
| 2.4.1. Termización | 29 |
| 2.4.2. Pasterización | 29 |
| 2.4.3. Esterilización UHT | 29 |
| 2.4.4. Efecto de la pasteurización sobre la aflatoxina M1 | 29 |

| | |
|---|----|
| 3. MATERIALES Y METODOS | 32 |
| 3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO | 32 |
| 3.2. DEFINICION DEL UNIVERSO Y LA MUESTRA | 32 |
| 3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL | 33 |
| 3.4. TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS | 34 |
| 3.4.1. Prueba de Charm SL Aflatoxinas | 34 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSION | 37 |
| 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 48 |
| 5.1. CONCLUSIONES | 48 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 49 |
| BIBLIOGRAFIA | 51 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Tabla 1. Niveles máximos de aflatoxinas permitidos en países con legislación | 28 |
| Tabla 2. Reducción de Aflatoxina M1 en Proceso termización | 42 |
| Tabla 3. Resultados estadísticos χ^2 | 43 |
| Tabla 4. Reducción de Aflatoxina M1 en Proceso UHT | 46 |
| Tabla 5. Reducción de Aflatoxina M1 entre Proceso de UHT y termización | 47 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Figura 1. Biotransformación de la Aflatoxina B1 en M1 | 22 |

LISTA DE GRAFICAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Grafica 1. Uso de concentrados de Marcas comerciales en hatos evaluados. | 38 |
| Grafica 2. Distribución uso de suplementos en Hatos que no Suministra concentrado de marcas comerciales. | 38 |
| Grafica 3. Uso de Estibas para el almacenamiento de concentrado en los hatos evaluados. | 39 |
| Grafica 4. Razas presentes en los hatos evaluados. | 40 |
| Grafica 5. Resultado promedio de leche cruda comparada leche termizada | 41 |
| Grafica 6. Resultado de Prueba estadística Xi 2 | 44 |
| Grafica 7. Resultado Leche Cruda Comparada con Leche UTH | 45 |
| Grafica 8. Resultado de leche termizada comparada con la leche UHT | 46 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Anexo A. Encuesta | 54 |
| Anexo B. Imagen Lector Imager/Rosa | 56 |
| Anexo C. Imagen del procedimiento test Aflatoxinas SL CHARM. | 57 |
| Anexo D. Imagen de los niveles de sensibilidad del test Aflatoxinas SL CHARM. | 58 |
| Anexo E. Imagen de la prueba utilizada por muestra para determinar aflatoxina M1. | 59 |
| Anexo F. Imagen de las pruebas por hatos para determinar aflatoxina M1. | 60 |

INTRODUCCION

Colombia es un país que depende de varias actividades agropecuarias, entre ellas la producción de leche, la cual hace parte de las más importantes a nivel del agro nacional. Nuestro país produce algo más de 6´000 millones de litros de leche/año (Fedegan, 2008), un valor que resulta interesante para que nuestro país proceda a tener una proyección de exportación, ya que de estos la mitad las compran las pasterizadoras y la otra mitad es utilizada de forma artesanal, según la región de producción.

Una alta oferta de leche en el país, que debería ser absorbida por los agroindustriales, siempre y cuando se cumplan con los requisitos de calidad exigidos por el comprador.

La Aflatoxina M1 es un metabolito hidroxilado de la Aflatoxina B1, es sintetizada en el metabolismo digestivo del bovino en su hígado, y como compuesto presente en la leche es un componente de origen hepatotóxico y carcinogénico, consecuencia del mal manejo que se le dan a las materias primas con las cuales se formulan concentrados o suplementos para la alimentación animal, debido a que no hay seguridad que garantice el almacenamiento adecuado del producto desde los puntos de venta hasta la finca del productor de leche, y además de no asegurar un programa estricto sobre el manejo adecuado de pesticidas, que controlen la proliferación de insectos que afectan la calidad de la capa vegetal de algunos cultivos que son infectados con esporas de *Aspergillus flavus*. Como consecuencia la aflatoxina M1 en la leche tiene unas características que afectan la salud

pública, principalmente la generación de problemas carcinogénicos y Hepatotóxico.

Según (Gimeno, 2004) la aflatoxina M1 es uno de esos derivados metabólicos que va a la leche, ya que el organismo animal produce generalmente esos productos como un sistema de autodesintoxicación siendo excretado en la leche, y este compuesto tiene una toxicidad como la gran actividad cancerígena, teratogénica y mutagénica. El principal síndrome que producen es el hepatotóxico, pudiendo también provocar problemas renales. Además las materias primas con las cuales se fabrican los concentrados y suplementos, están expuestas a factores climáticos incontrolables que favorecen el medio para causar daños a los granos, cereales y oleaginosas, como plagas (*Cogollero del Maíz*) que afectan la capa vegetal de estos y ocasionan la proliferación de hongos (*Aspergillus flavus*) que infecten cada grano del producto utilizado para formular concentrados para animales.

En esta investigación se evaluó la temperatura de pasteurización y su relación con los niveles presentes de esta micotoxina. Debido a que según estudios relacionados la termo estabilidad de la aflatoxina M1 es efectiva en los procesos térmicos a los que se somete la leche cruda, para la eliminación o reducción de los niveles de esta micotoxina. Y también con el propósito de que el proveedor de leche exija alimentos balanceados o suplementos con mayor seguridad alimentaria para sus animales, como planes de acción HACCP en el control de materias primas para las diferentes casas comerciales de concentrados a los cuales acceden al mercado. Este estudio define una oportunidad de avanzar más en otros proyectos experimentales acerca de temas relacionados en salud pública, que permitan dejar constancia del interés de certificar un producto nacional con ciertas

características establecidas. Esto se define en las siguientes palabras
“Sanidad del Proceso”.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los niveles de reducción de aflatoxina M1 presentes en la leche tratada térmicamente con termización y ultra pasteurización respecto a la leche cruda proveniente de hatos de la Sabana de Bogotá.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.2.1. Identificar el tipo de alimentación de los animales de los hatos seleccionados y las razas por medio de encuestas.

1.2.2. Determinar los hatos proveedores de leche en la sabana de Bogotá con presencia de aflatoxina M1 y cuantificar la presencia de esta, mediante la prueba de Charm SL aflatoxina.

1.2.3. Evaluar los niveles de aflatoxina M1 en leche cruda y leche con tratamiento térmico de termización.

1.2.4. Evaluar los niveles de aflatoxina M1 en leche cruda y leche con tratamiento térmico de Ultra pasteurización.

2. MARCO TEORICO

2.1. AFLATOXINAS

El conocimiento de las aflatoxinas se remonta desde 1960, cuando más de 100.000 pavipollos murieron en Inglaterra después de ingerir harina de cacahuete importada de África y Suramérica. Se aisló *Aspergillus flavus* y la toxina producida por este organismo se denominó aflatoxina (*Aspergillus flavus* toxina – A – fla- toxina).

Se ha determinado posteriormente que el *A. Parasiticus* produce también aflatoxinas. Se conocen las aflatoxinas M1, M2, B1, B2 G1 y G2.¹

Las aflatoxinas al igual que otras micotoxinas son metabolitos secundarios generalmente tóxicos producidos por algunas especies fúngicas dentro de ellas y sus principales productores son los hongos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus*²

Las aflatoxinas se producen en los frutos secos y los cereales en condiciones de humedad y temperatura elevadas. Dentro de las aflatoxinas más importantes encontramos la B1, B2, G1 y G2, las aflatoxinas M1 y M2 son metabolitos oxidativos de las aflatoxinas B1 y B2. Están entre las más potentes sustancias mutágenas y cancerígenas conocidas, son capaces de

¹ JAY James M, Microbiología Moderna de los Alimentos, España, Editorial Acribia 2da Edición Española. 1984 pag 23-24.

² Gimeno, Alberto, Residuos de Aflatoxina M1 y Otras micotoxinas en leche derivados control y recomendaciones 2002 disponible en http://www.engormix.com/residuos_aflatoxina_m1_otras_s_articulos_114_MYC.htm>

inducir el cáncer de hígado en la mayoría de las especies animales estudiadas.³

2.1.1. Origen de la Aflatoxina. La acumulación de aflatoxinas depende de las condiciones del medio ambiente. Antes de la cosecha, el riesgo para el desarrollo de aflatoxinas es más grande durante los periodos de sequía. Cuando la humedad está debajo del valor normal y la temperatura es alta, el número de esporas en el aire de *Aspergillus* se incrementa. Estas esporas infectan las cosechas a través los insectos. Una vez infectada una planta, la producción de aflatoxinas se favorece.⁴

El crecimiento de *Aspergillus flavus* y la producción de aflatoxinas en varios productos agrícolas depende de varios factores: sustrato, humedad relativa, humedad, temperatura, tiempo, maduración y condiciones de almacenamiento, etc. Las condiciones ambientales bajo las cuales los productos agrícolas son cosechados, el transporte, manejo y almacenamiento pueden determinar la extensión de la contaminación en estos productos.

Las temperaturas mínima, óptima y máxima para el crecimiento del *Aspergillus flavus* son: 6 – 8 °C, 36 – 38 °C y 44 – 46 °C respectivamente. Se requiere de una humedad relativa mínima de 80-90 % para su crecimiento y para la esporulación una mínima de 85 % pero los requerimientos de humedad dependen de la temperatura así como de los nutrientes.⁵

³ VIÑUELA, Lucas Enedina, Aspectos Generales de las Aflatoxinas evaluación según el Codex Alimentarius disponible en: < <http://www.rlc.fao.org/es/inocuidad/codex/pdf/toxinas.pdf>>

⁴ URREGO N. Jose R, DIAZ Gonzalo J, Aflatoxinas: Mecanismos de toxicidad en la etiología de cáncer Hepático En : Revista Facultad de Medicina Veterinaria Vol 54 No. 2(Abril- Junio 2006)

⁵ RAMOS L., Daniel, FERRARI, Mirtha L., Cuantificación de Aflatoxinas en la leche fluida para consumo humano y en los alimentos para el ganado lechero (1994)

2.1.2. Toxicidad. Las aflatoxinas tienen una gran actividad cancerígena, teratogénica y mutagénica. El principal síndrome que producen es el hepatotóxico, pudiendo también provocar problemas renales. Los principales órganos afectados son: el hígado, riñón y cerebro. Las aflatoxinas son inmunosupresoras ya que inhiben la fagocitosis y la síntesis proteica (los anticuerpos son proteínas) interrumpiendo la formación del ADN, ARN y proteínas en el ribosoma; la absorción de los aminoácidos se ve alterada y su retención hepática aumenta.⁶

2.1.3. Factores que influyen en la capacidad toxigénica El tipo y cantidad de sustancias producidas no solo depende de las características de la cepa individual, sino también de las condiciones medioambientales (nutrientes, parámetros físico-químicos, etc.), las condiciones de crecimiento que permiten la toxigenesis son más limitadas que aquellas que posibilitan el crecimiento del hongo. Entre los factores que conducen a la presencia de micotoxinas en los alimentos, hay dos categorías principales:

Factores intrínsecos que dependen de la cepa fúngica. Factores extrínsecos que dependen de las condiciones medioambientales.

2.1.3.1. Factores intrínsecos. La producción de una determinada micotoxina no está asociada con una especie en particular sino con una cepa en concreto y en algunos casos incluso depende del substrato en que la cepa es aislada.

Los parámetros que afectan al nivel de residuos de micotoxinas en animales son:

⁶ GIMENO Alberto, Aflatoxina M1 en la leche riesgo para la salud pública, prevención y control (2004)

- a. Especies y raza de los animales.
- b. Concentración de micotoxina, cantidad y duración del consumo de alimento contaminado.
- c. Estado de salud del animal.
- d. Período que transcurre desde la retirada del alimento contaminado a la toma de muestras para el análisis de residuos.

Estos residuos no solo implican que el animal se vea afectado por la contaminación de la micotoxina original, sino también por el riesgo que los humanos ingieran alimentos de origen animal como leche, huevos, carne extremadamente afectados.

2.1.3.2. Factores extrínsecos. Los principales factores extrínsecos que influyen en la toxigenesis son:

a. Actividad agua (Aw). La actividad agua influye considerablemente en la producción de toxinas, particularmente en los productos poco hidratados. La mayor parte de los hongos que contaminan los cereales, por ejemplo, necesitan valores superiores a 0,7%. La toxicogénesis tiene lugar únicamente para una Aw ligeramente superior (por ejemplo + 0,02) que la Aw límite para el crecimiento.

b. Descenso de la presión parcial de oxígeno. El descenso de la presión parcial de oxígeno y especialmente el incremento del nivel de CO₂ conduce a una más marcada reducción de la toxicogénesis que del crecimiento fúngico.

c. Composición química del substrato y el pH. La toxicogénesis, al menos para la mayoría de las micotoxinas conocidas, es más dependiente de la composición química del substrato que el crecimiento fúngico.

d. La temperatura. La temperatura óptima para la toxicogénesis, se define como la temperatura a la cual el ritmo de producción de toxinas es máximo. Esta temperatura es, la mayoría de las veces, ligeramente más baja que la óptima para el crecimiento del hongo. Además el rango de la temperatura que permite una toxicogénesis significativa, es más estrecho que la que permite el crecimiento del hongo.

f. Integridad física del grano o del alimento (insectos, roedores y pájaros)
Las micotoxinas que afectan negativamente a la salud del hombre y de los animales se encuentran principalmente en los granos de cereales y forrajes recolectados. Estas toxinas son producidas por hongos saprofiticos durante el almacenaje, o por hongos endofiticos durante el crecimiento de la planta.

2.2. AFLATOXINA M1

La aflatoxina M1 fue aislada por primera vez en leche y viene de la palabra Milk (M), el número 1 se deriva de la aflatoxina B1 (AFB1), micotoxina que se produce principalmente por hongos que contaminan el maíz. Cuando los granos son suministrados a las vacas lecheras mediante concentrados, la AFB1 pasa al hígado del animal, allí se transforma ligeramente en AFM1, se concentra en la glándula mamaria y es eliminada en la leche, pero conserva las peligrosas propiedades de la AFB1, particularmente su contundente actividad tóxica.⁷

La aflatoxina M1 (AFM1) es un metabolito hidroxilado de la aflatoxina AFB1 que puede encontrarse en la leche o en los productos lácteos obtenidos del ganado que ha ingerido alimento contaminado. En vacas lecheras, el paso

⁷ MENDIVELSO R. Nelly, Leche en Bogotá: calidad en deuda. En: Unimedios (Feb 2005) en Linea

metabolitos. La aflatoxina B1 (AFB1) es absorbida rápidamente del tracto digestivo y es metabolizada en el hígado para convertirse en AFM1. Este metabolito se encuentra en grandes cantidades en la leche¹⁰

La AFB1 es absorbida vía tracto gastrointestinal, dentro del sistema portal sanguíneo y es llevada para el hígado donde se metaboliza. Una porción de aflatoxina es activada y fijada en los tejidos hepáticos. Algunos metabolitos conjugados de la AFB1 solubles en agua son excretados dentro de la bilis y van a las heces. Otras formas conjugadas solubles en agua, productos de degradación de la AFB1 y metabolitos no conjugados de ésta, son excretados en el sistema circulatorio sanguíneo y se distribuyen de forma sistémica. Eventualmente, esos residuos mencionados van a la leche, huevos, músculo y tejidos comestibles. La AFM1 es uno de esos derivados metabólicos que va a la leche contaminándola. De la AFB1 se forman otros metabolitos, entre ellos, el aflatoxicol (18 veces menos tóxico que la AFB1) y la aflatoxina B2a (no tóxica). El organismo animal produce generalmente esos productos metabólicos como un sistema de autodesintoxicación. La reacción que tiene lugar a partir de la micotoxina original no tiene forzosamente que ser completa ni irreversible.¹¹

2.2.2. Relación entre la cantidad de AFB1 ingerida y la concentración de AFM1 excretada en la leche. En vacas lecheras la relación entre la concentración de AFB1 en la ración final y la de AFM1 excretada en la leche podría ser de 300:1; sin embargo, esa relación es muy aproximada y el rango oscila entre 34:1 a 1600:1. Así pues, en vacas lecheras Holstein consumiendo raciones finales con 80, 86, 470, 557, 1493 y 1089

¹⁰ BUTKERAITIS Paula, DOS SANTOS Ivan, RODRIGUEZ V. Juan, El efecto de las micotoxinas en Rumiantes (2008) en línea <www.engormix.com>

¹¹ GIMENO, Op. Cit.

microgramos AFB1/Kg (ppb) (sobre sustancia seca) se encontraron concentraciones de AFM1 en leche del orden de, 1,5; 0,245; 13,7; 4,7; 12,4 y 20,2 microgramos/litro (ppb), respectivamente. En otras vacas, los valores de contaminación en la ración oscilaron entre 64 y 1799 ppb de AFB1 dando unos residuos en leche entre 0,35 y 14,2 ppb de AFM1.

Con una ingesta de AFB1 correspondiente a 2-60 mg/vaca/día, los residuos de AFM1 en leche podrían oscilar entre 1 y 50 ppb. Esto representaría raciones finales contaminadas desde 57 hasta 1714 ppb de AFB1 para consumos de 35 Kg de ración/vaca/día. La vaca puede ya transformar AFB1 en AFM1 dentro de las 12-24 horas de ingestión del alimento contaminado. Incluso a las 6 horas ya pueden aparecer residuos de AFM1 en la leche.

Algunos autores refieren que el nivel de residuos de AFM1/día (mg) en leche podría ser aproximadamente el 2,2% de la ingesta diaria de AFB1 (mg), con un CV entre 42 y 59%. Dividiendo el resultado obtenido por el número de litros de leche producidos/vaca/ día y multiplicando por 1000, nos daría la concentración de AFM1 (ppb) en la leche.

La concentración de AFM1 en la leche variará según la raza de la vaca, la concentración de AFB1 en la ración, la cantidad y duración del consumo de alimento contaminado y el estado de salud del animal. Sin embargo, a todo esto debemos añadir que estas discordancias de correlación entre autores serán también debidas, entre otras cosas, al sistema metabólico de un animal poligástrico, lo que provoca que las concentraciones de AFM1 en la

leche varíen entre animales, de un día para otro y de una producción de leche a la siguiente.¹²

2.2.3. Estabilidad de las micotoxinas en productos lácteos. Existe un gran número de estudios acerca del efecto sobre la AFM1 de los procedimientos empleados en la elaboración y conservación de la leche. Con respecto a los tratamientos térmicos la mayoría de los autores están de acuerdo al afirmar que el tratamiento térmico de la leche (pasteurización o ultra pasterización) no afecta significativamente a la AFM1. Las diferencias observadas en los resultados se han atribuido a la variabilidad en los parámetros analizados, al empleo de distintas técnicas de detección y a la forma de contaminación de las muestras de la leche.¹³

En el tratamiento de la leche por parte de las centrales lecheras se puede estudiar la aplicación de alguno de los sistemas mencionados anteriormente que reduce la contaminación. Sin embargo, la mejor prevención para evitar la contaminación con AFM1 es la de no suministrar al animal raciones contaminadas con AFB1.

Los métodos de selección de granos de cereales y la descascada y posterior separación mecánica de la cáscara y el polvo del resto del cereal, resultan adecuados para una descontaminación, visto que habitualmente la mayor concentración de micotoxinas ocurre en el pericarpio de los granos y en el polvo de cereal. Sistemas que pueden ser utilizados tanto en los alimentos para animales como para humanos.

Los tratamientos térmicos que pueden aplicarse a una materia prima o a un alimento compuesto no resultan ser muy eficaces, ya que la AFB1 es resistente a temperaturas del orden de los 120°C. Aunque en los sistemas de

¹² GIMENO, Op. Cit.

¹³ COMBITA Y MILDENBERG Op. Cit.

“expandir” la temperatura que se aplica en algunos casos resulta ser superior a 120°C, el tiempo de permanencia a esa temperatura es corto e insuficiente para una reducción significativa del contenido en AFB1.¹⁴

2.2.4. Efectos nocivos de las Aflatoxinas en la salud humana. El grado de exposición humana a las aflatoxinas por origen dietético que depende de los alimentos disponibles y de los hábitos alimentarios variará según los países, las condiciones locales (incluidas las tradiciones de los diferentes grupos étnicos) y las personas. En lugares donde el maní o el maíz contaminados constituyen un elemento significativo de la dieta, la exposición será relativamente más alta que en los lugares donde se utilicen como alimentos básicos otros productos comúnmente menos contaminados; o donde la leche sea el único elemento de la dieta que contenga aflatoxina. A este respecto, se cree importante identificar al lactante como sujeto potencialmente expuesto, a causa de que:

- a) Los alimentos para bebés se pueden elaborar con leche desecada o incluso maíz, que como se sabe pueden fácilmente estar contaminados por aflatoxinas.
- b) En términos de mayores cantidades de alimentos consumidos por kilogramo de peso corporal, cualquier cantidad de aflatoxina contaminante será más significativa en el niño que en el adulto.

Otro grupo de personas que está altamente expuesto son las personas que manejan cereales, piensos, maní, etc., contaminados; y las que trabajan con toxinas puras como patrones para análisis.

¹⁴ GIMENO, Op. Cit

2.3. AFLATOXINAS EN COLOMBIA

En Colombia, la falta de adecuados laboratorios y de recursos humanos y económicos puede ser una de las causas de la limitada información sobre ocurrencia de micotoxinas. Sin embargo, otro factor que juega un importante papel es la carencia de regulaciones sobre micotoxinas y la ausencia de vigilancia y control por parte de los organismos que deberían realizar estas labores.

Los hongos productores de aflatoxinas son comunes en lugares geográficos que presentan altos niveles de humedad y temperaturas promedio superiores a los 25°C, condiciones que se presentan en las zonas de producción de cereales del país. Ciertos autores han reportado la presencia de aflatoxina B1 en alimentos tanto de consumo animal como humano en Colombia. En un total de 200 muestras de materias primas y alimentos terminados empleados en nutrición animal se encontró una incidencia del 29.0% con niveles en muestras positivas que oscilaron entre 1.0 y 66.1 ppb. En 280 muestras de alimentos de consumo humano se determinó una incidencia menor a la anterior (8.9%) pero con niveles más altos a los encontrados en alimentos animales puesto que las muestras positivas oscilaron entre 1.0 y 103.3 ppb.¹⁵

2.3.1. Regulaciones

Actualmente existen dos tendencias mundiales. En la mayoría de países de la Unión Europea no se aceptan para el consumo humano leches cuyo contenido de AFM1 sea superior a 50 ng/litro, mientras que la Agencia de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos permite hasta 500 ng/litro.

¹⁵ GIMENO 2005 , Op cit

En el extremo está Japón, cuyas disposiciones no permiten ningún valor diferente de cero.

Pero el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) recomienda que en Colombia el límite máximo es de 400 ng/litro para leche cruda, como norma voluntaria, “se basa en estudios realizados en otros países y en regulaciones establecidas por agencias externas; así, no existen estudios de incidencia y niveles de contaminación con AFM1 que permitan establecer estos límites con un criterio más racional acorde con la situación local.”¹⁶

Tabla 1. Niveles de Aflatoxinas permitidos en países con legislación

| Nivel máximo permitido en la mayoría de países | | Promedio | Rango |
|--|--------------|----------|----------|
| Aflatoxina B1 | 5 ppb | 9.5 ppb | 0-50 ppb |
| Aflatoxinas totales (B1, B2, G1 y G2) | 10-20 ppb | 14.8 ppb | 0.50 ppb |
| Aflatoxina M1 | 0.05-0.5 ppb | 0.3 ppb | 0-1 ppb |

Fuente: Díaz, 1995

Tomado de: PRIETO Y MEDILBERG, 2009

2.4. TRATAMIENTOS TERMICOS

El principal objetivo de los tratamientos térmicos que se aplican a la leche es la destrucción de los microorganismos patógenos y/o de los microorganismos que pueden comprometer la conservación del producto. En función de la cantidad de tratamiento térmico y de la contaminación inicial del producto se destruirán todos los microorganismos o parte de ellos.

¹⁶ MENDIVELSO 2006 ,Op cit

2.4.1. Termización. Es un tratamiento de calor suave del orden de entre los 57° y 68° C durante 15 segundos que no destruye la actividad de la fosfatasa. Su objetivo es eliminar una parte de la flora de contaminación. Este tratamiento no asegura la destrucción de microorganismos patógenos, sus efectos sobre la contaminación de la leche son mínimos. Se suele aplicar para aumentar la vida de las leches antes de ser procesadas.¹⁷

2.4.2. La pasteurización. Uno de los métodos más comunes de conservación de los alimentos es mediante un calentamiento que destruye los microorganismos y las enzimas que los dañan. El tratamiento térmico requerido no es único ya que se pueden emplear varias condiciones de tiempo-temperatura para lograr el objetivo, pero se prefieren los de altas temperaturas y cortos tiempos. Seguidos de un descenso brusco de temperatura, para garantizar la eficiencia del procedimiento.

Su objetivo es asegurar la destrucción de los microorganismos patógenos. El tratamiento mínimo de pasteurización de la leche es de 71,7 °C durante 15 segundos. Los productos pasteurizados deben reaccionar negativamente a la prueba de la fosfatasa y positivamente a la peroxidasa.

2.4.3. Esterilización UHT (Ultra High Temperatura). su objetivo es la esterilidad comercial de la leche. El tratamiento se lleva a cabo a temperaturas muy elevadas (superior a los 138°) durante un tiempo muy corto (unos segundos). El calentamiento y el enfriamiento son casi instantáneos.

2.4.4. Efecto de la pasterización de la leche sobre la aflatoxina M1 La AFM1 es, en general, estable en algunos quesos, yogures, leche

¹⁷ ROMERO del Castillo Roser, MESTRES Lagarriga Josep, Productos Lacteos:Tecnologia <En línea>

pasteurizada, leche desnatada o entera y helados. En procesos de pasteurización a 77°C durante 16 segundos (pasteurización alta) y 135-150°C durante 2 a 4 segundos (Ultra pasteurización), algunos procesos de pasteurización y esterilización, la concentración de contaminación original de la leche cruda permanece prácticamente inalterada. Por el contrario, en calentamientos a 71-120°C durante 30 min. se han conseguido reducciones de contaminación del orden del 12 al 35% y hay algunos procesos de pasteurización, esterilización, evaporación, secados Roller y Spray, en donde se han podido conseguir en leche disminuciones de contaminación con AFB1 del orden del 32 al 86%.

En algunos quesos y dentro de su proceso de elaboración y con calentamientos a 82-100°C entre 5 a 30 min. no se han conseguido reducir las tasas de contaminación. En algunos casos hubo una reducción de un 9% a 90°C durante 30 minutos.

Los tratamientos térmicos que pueden aplicarse a una materia prima o a un alimento compuesto no resultan ser muy eficaces, ya que la AFB1 es resistente a temperaturas del orden de los 120°C. Aunque en los sistemas de “expanders” la temperatura que se aplica en algunos casos resulta ser superior a 120°C, el tiempo de permanencia a esa temperatura es corto e insuficiente para una reducción significativa del contenido en AFB1.

Una ración para poligástricos y concretamente para vacas lecheras, no solo contiene materias primas secas (12-13% de humedad o agua libre) sino también, forrajes con humedad o agua libre muy elevada del orden del 70 al 85%, lo cual puede dar actividades de agua (A_w) muy elevadas del orden de 0,85-0,98 a temperaturas entre 20 y 25°C. Condiciones éstas muy ideales para el desarrollo del moho *Aspergillus* y la probable formación de AFB1, incluso con actividades de agua (A_w) menores (0,75-0,85).

Sin embargo el problema se origina cuando las materias primas vienen contaminadas con AFB1 y desafortunadamente no se pueden devolver.

Respecto a los forrajes, el mayor problema se presenta en la elaboración de los ensilados, visto las excelentes condiciones de humedad y actividad de agua (Aw) que la materia prima base tiene de una forma natural y que son ideales para el crecimiento fúngico y la posible formación de aflatoxinas y otras micotoxinas. No se debe olvidar que en general, el ensilado, forma parte de la ración final en un 40 a 50% y que para la elaboración de estos ensilados, se debe conservar esa materia prima base en las condiciones de humedad genuinas.¹⁸

¹⁸ GIMENO, (2004) Op. Cit.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

La investigación se realizó en los municipios de Tabio, Tenjo, Cajica, Nemocon, Sesquile, Suesca, Sopo, Zipaquirá, Tocancipa, Gachancipa, Cota, Siberia, Soacha, Sibate, Mosquera, Funza, Chía, El Rosal y Facatativa, ubicados en la Sabana de Bogotá la cual presenta una temperatura promedio de 14°C.

3.2. DEFINICION DEL UNIVERSO Y MUESTRA

De un total de 80 hatos proveedores de leche cruda en esta zona de la empresa “Productos Naturales de la Sabana S.A. Alquilería” se seleccionaron 40 hatos, estos se seleccionaron de acuerdo con el volumen de leche producido, el tipo de alimentación y al uso de la raza, con el propósito de lograr una muestra representativa, de acuerdo con los objetivos planteados.

Primero se formuló una encuesta diagnóstica (Anexo A), donde se buscó determinar el tipo de alimentación (concentrados, granos, henos u otro tipo de suplementación), almacenamiento del alimento, y la raza.

Una vez se realizó la encuesta se procedió a tomar las muestras de leche cruda por 3 períodos en dichas fincas de acuerdo con el protocolo de toma de muestras, establecido en la empresa para la determinación de la calidad.

El análisis para la prueba de aflatoxina M1 Charm SL Aflatoxina se realizó en 3 periodos, (Noviembre 2008, Enero y Febrero 2009) en diferentes fincas y a la vez se realizó un análisis de leche termizada y UHT en cada periodo, el numero de muestras estuvo sujeto a la disponibilidad de material para este estudio; los períodos en que se tomaron las muestras fueron al azar.

Las muestras tomadas de leche cruda se tomaron por hatos y se almacenaron y transportaron en una nevera con una temperatura promedio de 4° C hasta el laboratorio “de análisis fisicoquímico planta Enrique Cavalier Cajica” donde se procedía a analizar bajo la prueba de Charm SL Aflatoxina. Posteriormente se tomó las muestras de las leches tratadas térmicamente en producto terminado, estas muestras corresponden al “mix” de leches que ingresan a un silo denominado “silo pulmón”, para determinar la presencia de aflatoxina M1 en leche tratada mediante termización (62 – 68°C / 30 seg) y Ultra pasterización (138 – 142°C / 15 seg).

3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizó un análisis cuantitativo de acuerdo a la información obtenida mediante la encuesta.

Los datos arrojados por el análisis de la Aflatoxina M1 en leche cruda comparada con leche termizada y ultra pasteurizada; y entre termizada y ultra pasterizada se analizaron mediante la prueba del Xi2.

3.4. TECNICAS Y PROCEDIMIENTOS

Las variables a evaluar fueron:

- a. Presencia de aflatoxina M1 en leche cruda.
- b. Presencia de aflatoxina M1 en leche con termización.
- c. Presencia de aflatoxina M1 en leche con ultra pasteurización.

3.4.1. Prueba de CHARM SL Aflatoxina

La prueba Charm SL Aflatoxina es una prueba basada en receptores que utiliza la tecnología ROSA (Rapid One Step Assay). Este método detecta Aflatoxina M1 a los niveles de tolerancia/seguridad estipulados por EE.UU.

La prueba de Charm SL Aflatoxina utiliza receptores con afinidad para Aflatoxina M1 y M2. Cuando la muestra no contiene aflatoxina, a medida que la leche corre a través de la tira, se forma una línea en la posición T (Test). Cuando la muestra contiene aflatoxina se forma una línea T menos intensa. La línea T se compara con la línea C (control) para diferenciar muestras con aflatoxina cerca del límite establecido. Si la línea T es más clara que la línea C, o si la línea T no se forma, la muestra es positiva. Si la línea C no se forma la prueba es inválida y debe repetirse. Se disponía de un Lector ROSA para leer digitalmente las tiras.

- **Equipo.** La prueba Charm SL Aflatoxina utiliza un incubador ROSA y un lector ROSA opcional, el lector ROSA da las lecturas en ppt (partes por trillón) de Aflatoxina M1 (Anexo B).

- **Procedimiento.** Se conecta el incubador de tiras a una toma corriente, y se espera que la temperatura alcance 55°C (el indicador de temperatura debe estar verde a 55 indicando 56*1°C). El Incubador debe estar limpio y nivelado. Se debe mezclar bien la leche antes del análisis (Anexo C)

Se coloca la tira SL Aflatoxina (Anexo E) en el Incubador ROSA con la parte plana hacia arriba. Los compartimientos de las muestras (en la tira) pueden acomodarse para que ajusten en el incubador. Manteniendo la tira en el incubador, se levanta la parte posterior hasta exponer la cámara de adición de la muestra. Se resella la tapa haciendo presión.

Se cierra la cubierta del incubador y se asegura.

Al final de 8 minutos, el cronometro de 2 minutos sonará, al mismo tiempo empieza a iluminar una señal intermitente de Test (luz amarilla). Antes de que los 2 minutos dejen de sonar, se remueve la tira del incubador.

- **Interpretación** Se Limpia cuidadosamente la tira de cualquier partícula que pueda ocultar las líneas. Se observa visualmente los resultados manteniendo la cámara de muestra en la parte baja, en el caso de que cualquiera de las dos líneas tiene residuos de leche, se debe volver a realizar la prueba.

- Si la línea C no aparece, o si no es uniforme o si esta parcialmente coloreada, la prueba es inválida.

Se compara la línea Test (T) con la línea Control(C). Obteniendo resultados:

- Muestra negativa

La línea T es más oscura que la línea C, o la línea T es igual que la línea C.

- Muestra Presuntiva Positiva

La línea T es claramente más pálida que la línea C, o la línea T está parcialmente coloreada o no está presente. Estas muestras deben ser re-analizadas con controles (Anexo D).

- **Interpretación por Lector/Imager.** Se Inserta una tira limpia y válida en el lector ROSA o Imager y se Introduce completamente en el espacio para la tira. (Anexo F)

Lectura de resultados, en 5 segundos se muestra en la pantalla un valor numérico (Read:=) y una interpretación (Result:). Los resultados permanecen en memoria y pueden ser bajados a un computador o ser impresos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo con los resultados de la encuesta de los 40 hatos lecheros, se determinó que el 90% suministraban concentrado de diferentes marcas comerciales presentes en el mercado nacional, mientras que el 10 % de hatos restantes no proporcionan ningún tipo de estos concentrados (Grafico1). Posiblemente el 90% de los hatos evaluados pueden ser susceptibles a presentar aflatoxina B1 precursora de la aflatoxina M1 en leche. Del 10 % restante, aquel que no suministra concentrados el 50% (Grafica 2) suministra suplementos alimenticios especialmente henolajes y granos en forma entera o harinas, lo que quiere decir que también pueden ser susceptibles a presentar dicha aflatoxina por el tipo de alimento , ya que, de acuerdo a Lucas E. diversos cereales y otros cultivos son vulnerables al ataque de los hongos tanto en el campo como durante el almacenamiento, y ellos pueden producir micotoxinas como metabolitos secundarios. De esta forma cerca del 95% de hatos analizados mediante la encuesta presentan una de las características idóneas para el desarrollo de la Aflatoxina B1 precursora de la Aflatoxina M1.



Grafico 1. Uso de Concentrado de Marcas Comerciales en Hatos Evaluados

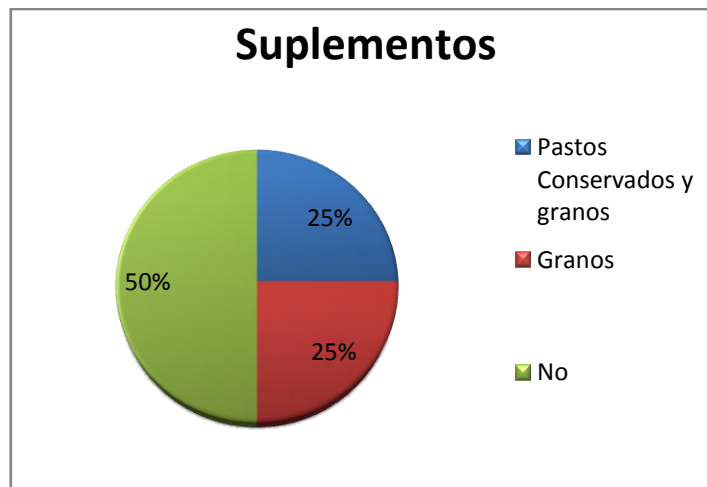
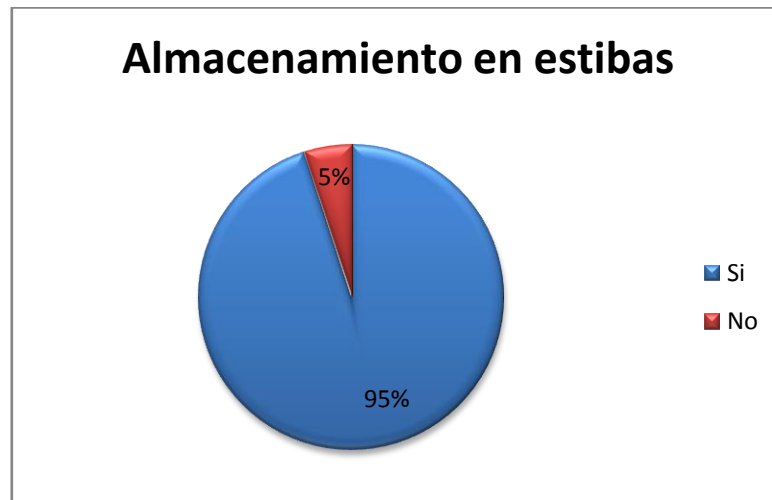


Grafico 2. Distribucion Uso de suplementos en hatos que No suministra Concentrado de Marcas comerciales

La encuesta arrojó como resultados que el 95 % de los hatos evaluados utilizaban estibas para el almacenamiento de los concentrados y

suplementos utilizados para la alimentación del ganado, mientras que el 5% de los hatos restantes no usa estibas para el almacenamiento (Grafica 3).

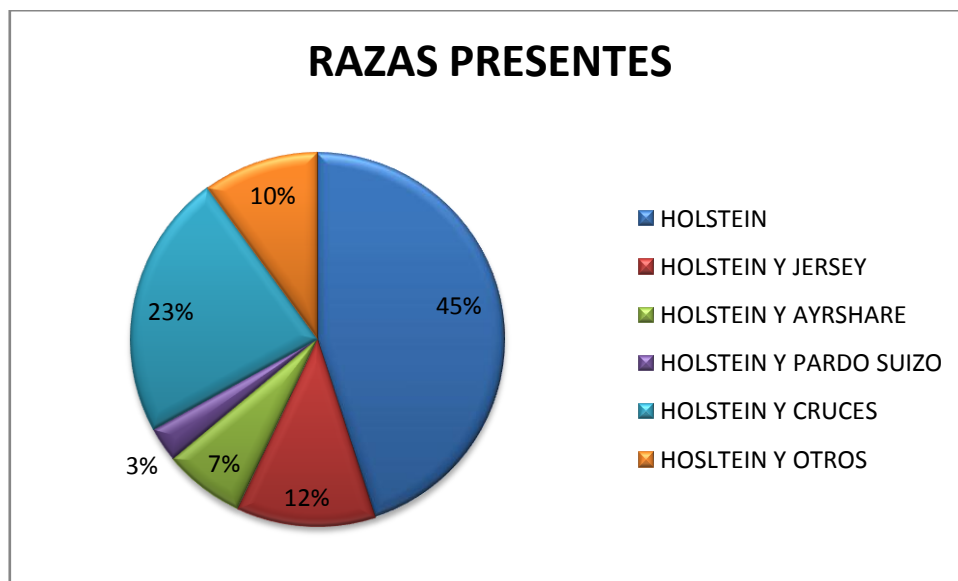


Grafica 3. Uso de estibas en el almacenamiento de concentrados en hatos evaluados

El almacenamiento al que es sometido los diversos alimentos es crítico ya que de acuerdo a lo mencionado por Melo y Harkes (2009), el crecimiento fúngico y la producción de micotoxinas en cereales pueden ocurrir en las diversas fases del desarrollo, maduración, cosecha, transporte, procesamiento o almacenamiento de los granos. Por otro lado Gimeno y Martins (2008) mencionan en su trabajo “Micotoxinas en pollos y gallinas: ¿Habría más riesgo de micotoxicosis con el uso de las nuevas materias primas? ”, que el *Aspergillus* es un moho que fundamentalmente pertenece a la flora de almacenamiento. En otro aparte de su trabajo también mencionan que las aflatoxinas pueden encontrarse como contaminantes naturales en los cereales esencialmente en el maíz trigo, sorgo y arroz y subproductos de cereales, tortas de oleaginosas, algodón, cacahuete, colza, coco, palmiste y girasol, alimentos comúnmente utilizados para la elaboración de concentrados y suplementos alimenticios para ganado, y al tener malas

condiciones de almacenamiento se puede potencializar la presencia de Aflatoxina B1.

Al consultar el tipo de raza presente en las diferentes fincas se obtuvo



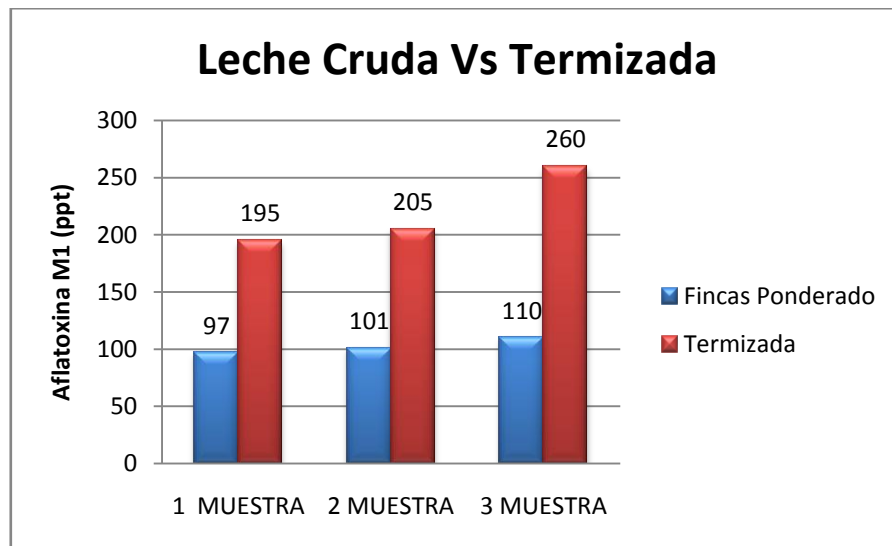
Grafica 4. Razas presentes en los hatos evaluados

Los resultados muestran que el 100% de los hatos hacen uso de la raza Holstein como raza de producción, pero el 45 % de los hatos utilizan solamente esta raza para la producción en sus fincas, el 55% restante además de usar Holstein usa otras razas como Jersey, Ayrshire, Pardo Suizo y algunos cruces. De acuerdo con Gimeno (2003), la concentración de Aflatoxina M1 variará según la raza de la vaca, la concentración de Aflatoxina B1 en la ración, la cantidad y duración del consumo de la ración y el estado de salud del animal.

De Lucas L., menciona que en vacas lecheras Holstein consumiendo raciones con 80, 86, 470, 557, 1493 y 1089 microgramos AFB1/Kg. (ppb)

(sobre sustancia seca) se encontraron concentraciones de Aflatoxina M1 en leche del orden de, 1,5; 0,245; 13,7; 4,7; 12,4 y 20,2 microgramos/litro (ppb), respectivamente. En vacas Jersey la contaminación en la ración fue 540 ppb de AFB1 y en la leche fue de 0,92 ppb de Aflatoxina M1. Se observa que existe una variación entre estas dos razas en la concentración de Aflatoxina M1 en leche en determinados valores similares para consumo de AFB1 557: concentración AFM1 4,7, para Holstein y con consumo de 540 de AFB1 la AFM1 fue de 0,92 en animales Jersey. Posiblemente en este trabajo de investigación la presencia de Aflatoxina M1 se vea influenciada por la raza, ya que predomina la raza Holstein en los hatos encuestados.

Al realizar los análisis en Aflatoxina M1 en leche Cruda y los dos procesos térmicos Termización (62° a 68°C por 30 segundos) y Ultra pasteurización (138-142°C por 15 segundos) se encontraron resultados promedio en leche cruda de 97 ppt para un primer muestreo siendo este el valor mínimo y en un tercer muestreo con un valor promedio de 110 ppt igualmente para leche cruda (Grafico 5).



Grafica 5. Resultado promedio de Leche Cruda en Finca Vrs Leche Termizada

En un estudio realizado por Combita y Mldemberg, (2009) donde se evaluaron hatos del Valle del Cauca, se encontraron valores máximos de Aflatoxina M1 de <70,2 ppt>, que se encuentran cercanos al valor mínimo promedio de este trabajo que es de <97 ppt>. En otro estudio realizado en la sabana de Bogotá por Vasques M. (2006) se reportaron valores que oscilaron entre <8,5 y 327 ppt> en leche cruda para hatos de esta zona. Pérez y Gutierrez, (2008) en un estudio que se realizó con leches comercializadas en el altiplano mexicano reportó como media para leches crudas un valor de 16,2 ng/Kg valor sustancialmente inferior al reportado en este trabajo. Esta variación que se observa entre los trabajos realizados en Colombia y México se puede deber principalmente a la cantidad de aflatoxina B1, ingerida en las raciones de los animales, influenciada ésta por el tipo de alimentación, el tipo de almacenamiento, y la raza.

Tabla 2. Reducción de Aflatoxina M1 en Proceso de Termización

| MUESTRA | LECHE CRUDA PONDERADA | LECHE TERMIZADA | REDUCCION DE AFLATOXINA (%) |
|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------------------|
| MUESTRA 1 | 97 | 195 | + 101 |
| MUESTRA 2 | 101 | 205 | + 102 |
| MUESTRA 3 | 110 | 260 | + 136 |

Fuente.: Martinez y Zambrano, 2009

En cuanto a la reducción de aflatoxina M1 en la leche cruda vs leche termizada (tabla 3) no se observó ningún tipo de reducción, todo lo contrario se observa un incremento mayor al 100% en los tres periodos, debido a que el análisis de leche cruda represento un 8% del total de la leche que ingresa a la planta diariamente, y el 92% restante de la leche no participo dentro del

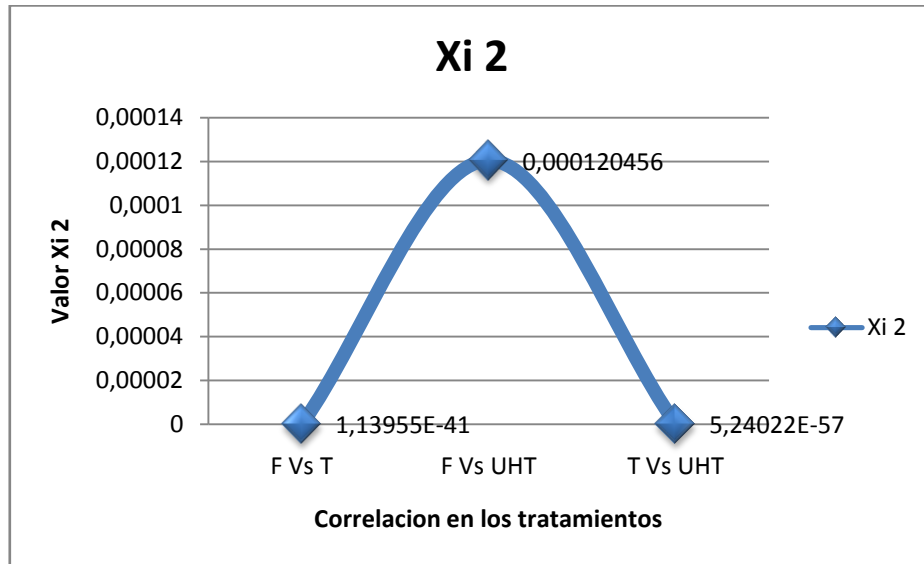
análisis de los hatos y es posible que presentaran niveles de aflatoxina M1 mayores a los encontrados en las fincas evaluadas.

Al realizar el estudio estadístico por χ^2 nos confirma que efectivamente hay una diferencia altamente significativa entre los resultados de leche cruda comparados con la leche termizada (Tabla 2) y (Gráfica 6). Se observa que la leche termizada presenta un valor mayor al de leche cruda esto pudo ser porque para leche cruda se evaluó solamente el 8% de la leche que ingresa al silo de donde se tomó la muestra para evaluar el proceso de Termización. Perez y Gutierrez reportan valores para leches pasteurizadas de 16,1 ng/kg que comparado con los resultados de esta investigación (Gráfica 5) se observa una amplia diferencia relacionado esto tal vez debido a las variaciones en el manejo y razas utilizadas para obtener leche cruda.

Tabla 3. Prueba de χ^2

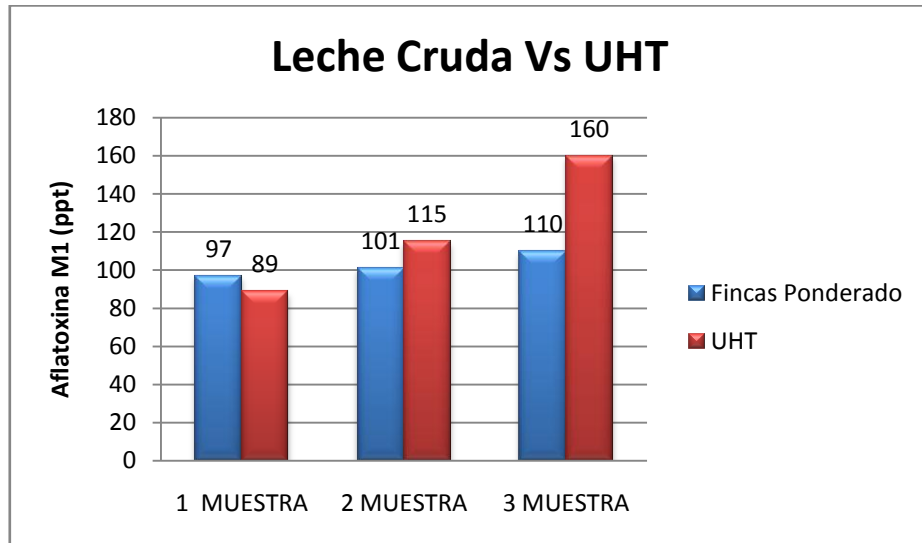
| CLASIFICACION | RESULTADO χ^2 |
|--------------------------------|--------------------|
| Leche Cruda Vs Leche Termizada | 1,13955E-41 |
| Leche Cruda Vs Leche UHT | 0,000120456 |
| Leche Termizada Vs Leche UHT | 5,24022E-57 |

Fuente: Zambrano & Martinez, 2009



Grafica 6. Resultados de Prueba estadística de Xi2

Al realizar la comparación entre Leche Cruda y Leche UHT (Gráfica 7) se evidencia el mismo comportamiento que presenta la leche cruda con la leche termizada. Debido esto tal vez al volumen de la toma de la muestra para leche cruda, ya que, corresponde tan solo a un 8% del volumen total de la leche ingresada a la planta.



Grafica 7. Resultados de Leche Cruda Comparada con Leche UHT

Al comparar estadísticamente los dos procesos térmicos se observa que hay una diferencia altamente significativa en los niveles de Aflatoxina M1 en la leche sometida al Proceso de Ultra pasteurización con respecto a la leche termizada (Grafica 8).

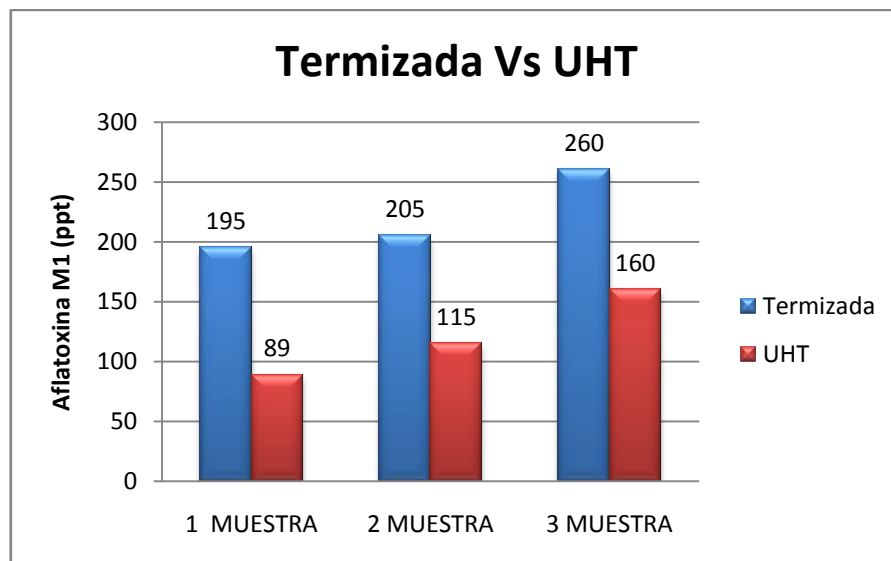
De acuerdo con un estudio realizado por el laboratorio de toxicología de la Universidad Nacional se evidenció que de 95 muestras de leche UHT comercializadas en Bogotá, el 63% dio positivo a Aflatoxina M1 en valores entre 10,7 y 181 ng/litro (Mendivelso, 2005) valores muy cercanos a los arrojados por este estudio.

Tabla 4. Reducción de Aflatoxina en Proceso de UHT

| MUESTRA | LECHE CRUDA PONDERADA | LECHE UHT | REDUCCION DE AFLATOXINA (%) |
|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------------|
| MUESTRA 1 | 97 | 89 | - 8.3 |
| MUESTRA 2 | 101 | 115 | + 13.8 |
| MUESTRA 3 | 110 | 160 | + 50 |

Fuente: Zambrano y Martinez, 2009

En cuanto a la reducción de aflatoxina M1 en leche cruda vs leche ultra pasterizada (tabla 4), solo se observó una reducción del 8.3% en el primer periodo en que fue analizada la muestra, los dos siguientes periodos incrementaron el nivel de contaminación en un orden del 13.8% al 50%, esto está relacionado directamente al porcentaje analizado en leche cruda que corresponde al 8% del total del volumen que ingresa a la planta diariamente, donde posiblemente presentaba una mayor contaminación de aflatoxina M1 para estos dos periodos.



Grafica 8. Presencia de Aflatoxina M1 en leche termizada y Leche UHT

Se encuentra una reducción del 38%, 44% y 54% para cada una de las muestras respectivamente, en la presencia de aflatoxina M1 en leche que fue sometida al proceso de Ultra pasteurización (Tabla 5),

Tabla 5. Reducción de Aflatoxina entre Proceso de UHT y Termización

| MUESTRA | LECHE TERMIZADA | LECHE UHT | REDUCCION DE AFLATOXINA (%) |
|-----------|-----------------|-----------|-----------------------------|
| MUESTRA 1 | 195 | 89 | - 54 |
| MUESTRA 2 | 205 | 115 | - 43 |
| MUESTRA 3 | 260 | 160 | - 38 |

Fuente: Zambrano & Martinez, 2009

Contrario a lo que manifiesta Gimeno (2004) donde menciona que en procesos de Ultra pasteurización la AFM1 permanece prácticamente inalterada, mientras que por el contrario, en calentamientos a 71-120°C durante 30 min se han conseguido reducciones de contaminación del orden del 12 al 35%, En este mismo trabajo menciona que hay algunos procesos de pasteurización, esterilización, evaporación, secados Roller y Spray, en donde se han podido conseguir en leche disminuciones de contaminación con AFM1 del orden del 32 al 86%, Estando los resultados de este trabajo muy cerca a lo reportado por Gimeno.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo con la encuesta la gran mayoría de los hatos de los municipios de Tabio, Tenjo, Cajica, Nemocon, Sesquile, Suesca, Sopo, Zipaquirá, Tocancipa, Gachancipa, Cota, Siberia, Soacha, Sibate, Mosquera, Funza, Chía, El Rosal y Facatativa que proveen leche a la empresa Productos Naturales de la Sabana S.A Alquería, utilizan concentrado para la alimentación del ganado, una pequeña parte utiliza henolaje, granos y otros solo utilizan la oferta forrajera de la finca.

Se encontraron resultados donde la mayoría de hatos evaluados por la prueba Charm SL Aflatoxina presentaban altos niveles de aflatoxina M1 en leche cruda, sin embargo ninguno superó la regulación colombiana establecida por ICONTEC (400ng/ml).

La mitad de las fincas utiliza solamente la raza Holstein para su producción de leche, y la otra mitad trabajan con raza Holstein y otras razas como Jersey, Pardo, Ayrshire y Simmental.

Se encontraron diferencias altamente significativas en la presencia de aflatoxina M1 entre leche cruda y leche termizada (62 – 68°C / 30 seg), siendo superior en la termizada.

Se encontraron diferencias altamente significativas en la presencia de aflatoxina M1 entre leche cruda y leche ultra pasterizada (138 – 142°C / 15 seg), siendo superior en la UHT.

Se encontraron diferencias altamente significativas en la presencia de aflatoxina M1 entre leche termizada (62 – 68°C / 30 seg) con leche ultra pasterizada (138 – 142°C / 15 seg), siendo superior la UHT.

El tratamiento más efectivo en la reducción de AFM1 es la Ultra pasterización, puesto que se observan diferencias altamente significativas entre los dos tratamientos térmicos evaluados (termización y Ultra pasterización) en una planta procesadora que acopia leche de diferentes zonas del país.

5.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar un programa de trazabilidad que permita determinar la procedencia que tiene la AFM1.

Se recomienda realizar un cronograma de toma de muestras periódico para aflatoxina M1, con el objeto de prevenir la presencia de aflatoxina en leche para consumo humano.

Se debe realizar un estudio sobre la relación de las razas con la presencia de aflatoxina M1.

Controlar la temperatura y humedad relativa en las bodegas de almacenamiento de las fincas para prevenir las condiciones ideales de desarrollo de los hongos.

BIBLIOGRAFIA

BUTKERAITIS Paula, DOS SANTOS Ivan, RODRIGUEZ V. Juan, El efecto de las micotoxinas en Rumiantes (2008) en línea <:www.engormix.com >

COMBITA PRIETO Andrea del pilar, MILDENBERG ORTIZ Sthephane, DETECCION DE AFLATOXINA M1 EN LECHEs FRESCAS, Bogotá, 2009, Trabajo de Grado (Microbiologo Industrial) Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Microbiologia Industrial.

DIAZ J. Gonzalo, Aflatoxina M1: un carcinógeno de potencial presencia en la leche En: SEMINARIO NACIONAL EN PRODUCCION Y SANIDAD BOVINA SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (2005: Bogota)

GIMENO Alberto, Aflatoxina M1 en la leche riesgo para la salud pública, prevención y control (2004) en line www.engormix.com

GIMENO, Alberto, Residuos de Aflatoxina M1 y otras Micotoxinas en leches y derivados controles y recomendaciones (2002) disponible en http://www.engormix.com/residuos_aflatoxina_m1_otras_s_articulos_114_MY_C.htm

JAY James M, Microbiologia Moderna de los Alimentos, España, Editorial Acribia 2da Edicion Española. 1984 pag 23-24.

MELO Julian, HARKES Roberto, Combinaciones estratégicas para la reducción de los efectos de las micotoxinas sobre el desempeño productivo de Pollos (2009) en línea www.engormix.com

MENDIVELSO R. Nelly, Leche en Bogotá: calidad en deuda. En: Unimedios (Feb 2005) en Linea

RAMOS L., Daniel, FERRARI, Mirtha L., Cuantificación de Aflatoxinas en la leche fluida para consumo humano y en los alimentos para el ganado lechero (1994)

URREGO N. Jose R, DIAZ Gonzalo J, Aflatoxinas: Mecanismos de toxicidad en la etiología de cáncer Hepático En : Revista Facultad de Medicina Veterinaria Vol 54 No. 2(Abril- Junio 2006)

VASQUEZ Santos Maria Paula, EVALUACION DE AFLATOXINAS EN SUPLEMENTOS PARA VACAS LECHERAS EN LA SABANA DE BOGOTA Y SU RELACION CON AFLATOXINA M1 EN LECHE Trabajo de Grado (Zootecnista) Universidad de la Salle, Facultad de Zootecnia.

VIÑUELA, Lucas Enedina, Aspectos generales de las aflatoxinas evaluación según el Codex Alimentariux disponible en:
<<http://www.rlc.fao.org/es/inocuidad/codex/pdf/toxinas.pdf>>

ANEXOS

Anexo A. Encuesta diagnostica para recolectar la información por hato.

| |
|--|
| PRODUCTOS NATURALES DE LA SABANA S.A ALQUERIA |
| ENCUESTA DIAGNOSTICA |

| |
|---------------------------|
| Finca: _____ Fecha: _____ |
| Propietario: _____ |
| Municipio: _____ |
| Administracion: _____ |
| Mayordomo: _____ |
| Veterinario: _____ |

| |
|----------------------------|
| MANEJO ALIMENTACION |
|----------------------------|

| | | |
|----------------------------|--|---------------------------|
| Manejo de Praderas: | Pastura: _____ | Fumigacion Prod: _____ |
| | Rotacion: _____ dias | Tiempo retiro: _____ dias |
| | Fertilizacion _____ | Base Fco: _____ |
| | Producto: _____ | Dosis: _____ |
| | Planillas: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO | |

| | | | | | |
|---------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|------|
| Concentrado: | Marca: _____ | Terneras | Novillas | Horro | Hato |
| | Cantidad Kg. mes: _____ | | | | |
| | Almacenamiento o Estibas: | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | | |
| | Planillas | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | | |
| | Control de Roedores: | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | Otros: _____ | |

| | | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------|------|
| Otra Suplementacion: | Forraje: _____ | Terneras | Novillas | Horro | Hato |
| | Cantidad por mes: _____ | | | | |
| | Almacenamiento: | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | Donde: _____ | |
| | Comprado a: _____ | | | | |
| | Fabricado por: _____ | | | | |
| Control de Roedores: | <input type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO | Otros: _____ | | |

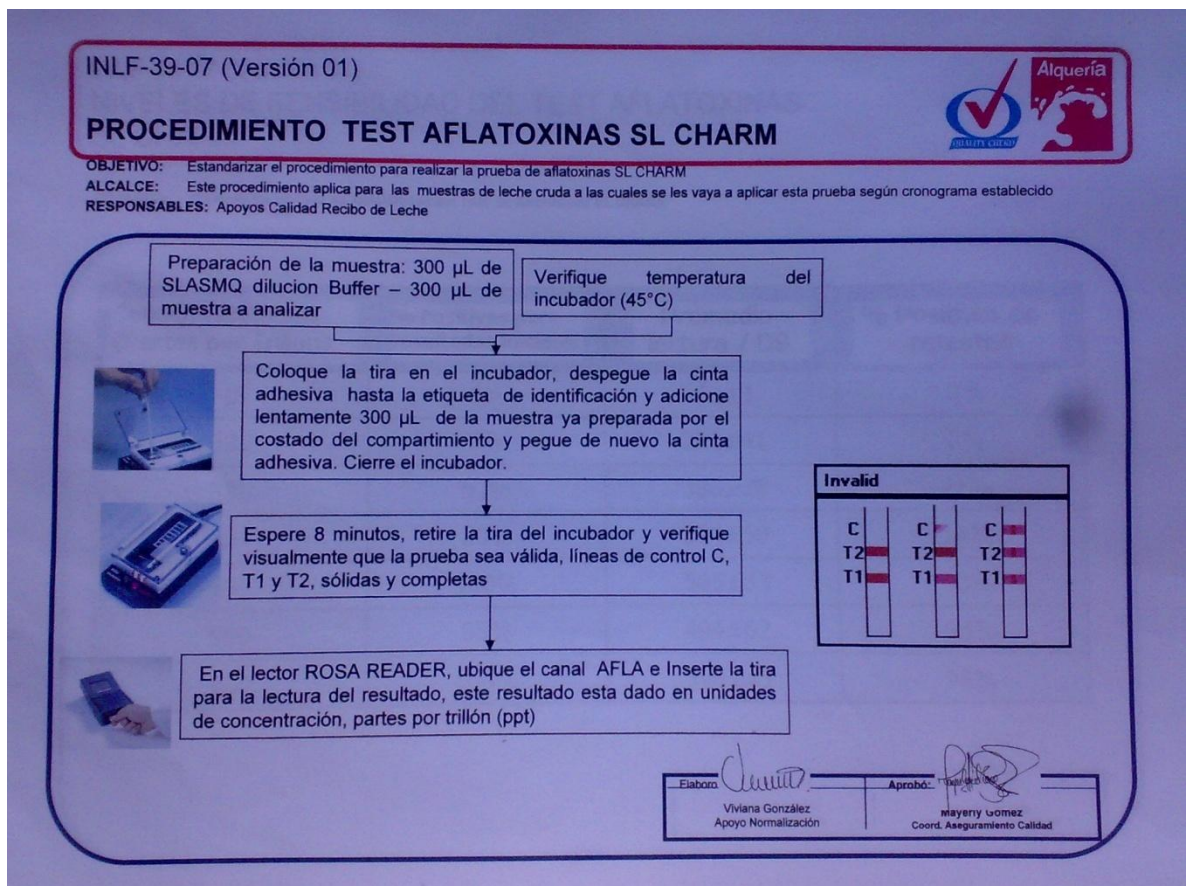
| Otros Suplementos | Terneras | Novillas | Horro | Hato |
|-------------------------------|----------|------------------------|--------------|-------|
| Henolaje: _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Silo: _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Melaza: _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Sales: _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
| Comprado a: _____ | _____ | Tiempo corte: _____ | _____ | _____ |
| _____ | _____ | Tipo | _____ | _____ |
| Fabricado por: _____ | _____ | Negocio: _____ | _____ | _____ |
| Control de Roedores: _____ | SI | NO | Otros: _____ | _____ |

| Inventario de animales | | Prom/pro d | |
|------------------------|---------------|---------------|--|
| Hato: _____ | | _____ | |
| _____ | | _____ | |
| Horro: _____ | | _____ | |
| _____ | Raza: _____ | | |
| Tenera: _____ | | | |
| _____ | Cruces: _____ | | |
| Novillas: _____ | | | |
| _____ | | | |
| Volumen litros: _____ | | | |

Anexo B. Imagen del lector/imager ROSA.




Anexo C. Imagen del procedimiento test Aflatoxinas SL CHARM.




Anexo D. Imagen de los niveles de sensibilidad del test Aflatoxinas SL CHARM.


INLF-40-07 (Versión 01)
NIVELES DE SENSIBILIDAD DEL TEST AFLATOXINAS SL CHARM



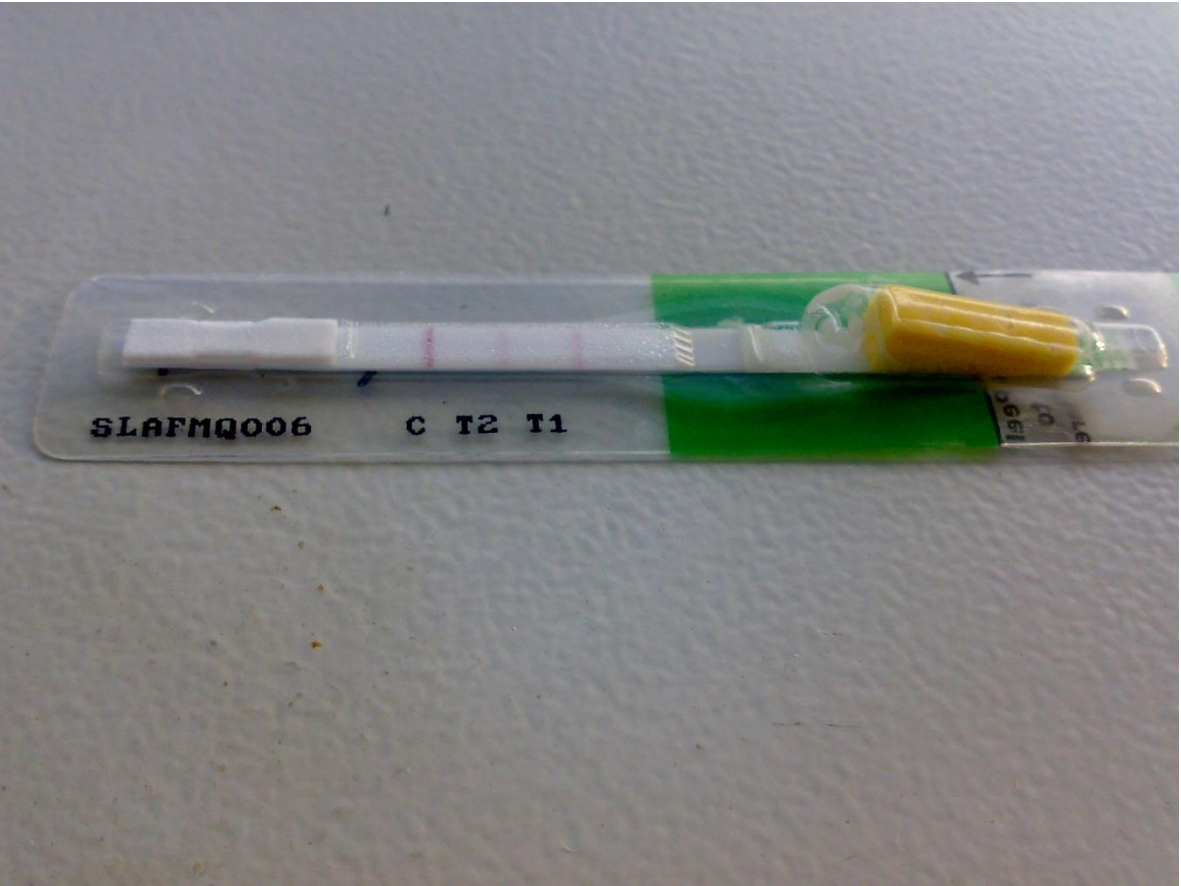
OBJETIVO: Conocer los niveles de sensibilidad del Test de Aflatoxinas SL CHARM

| Concentración ppt (Partes por Trillon) | % Positivos para resultados iniciales | Promedio lectura / DS | % Positivos de retesteo |
|--|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 0 | 0% | 6±13 | 0% |
| 300 | 5% | 291±41 | 0% |
| 350 | 52% | 388±78 | 21% |
| 400 | 50% | 394±50 | 14% |
| 450 | 100% | 505±63 | 93% |
| 500 | 95% | 494±62 | 93% |
| 550 | 100% | 596±45 | 98% |

Elaboró: 
 Viviana González
 Apoyo Normalización

Aprobó: 
 Mayerly Gomez
 Coord. Aseguramiento Calidad

Anexo E. Imagen de la prueba utilizada por muestra para determinar aflatoxina M1.



Anexo F. Imagen de las pruebas por hatos para determinar aflatoxina M1.

