



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**“DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS  
DE GALLINAZA”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

**JOSE ALBERTO JACINTO REYES**

ASESORES:

**Dr. BENJAMÍN VALLADARES CARRANZA**

**Dra. LUCIA DELGADILLO RUIZ**

**Dr. ROMULO BAÑUELOS VALENZUELA**

Toluca, México. Junio del 2022.



## **“DETERMINACIÓN DE PLOMO EN MUESTRAS DE GALLINAZA”**

# ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE .....	iii
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS .....	iv
RESUMEN.....	v
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	19
HIPOTESIS .....	20
OBJETIVO.....	21
MATERIAL.....	22
MÉTODO.....	23
LÍMITE DE ESPACIO .....	24
LÍMITE DE TIEMPO.....	25
RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
CONCLUSIONES.....	30
LITERATURA CITADA .....	31

## LISTA DE CUADROS

Cuadro No.	Pág.
1. Composición nutricional de excretas de aves (%) en base seca.....	8
2. Composición química de la gallinaza.....	9
3. Metales pesados en la nutrición animal.....	15
4. Concentraciones de plomo (mg/kg) detectadas en muestras de gallinaza.....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura No.	Pág.
1. Distribución de la concentración (%) de plomo en muestras de gallinaza.....	27

## RESUMEN

**Determinación de plomo en muestras de gallinaza.** José Alberto Jacinto Reyes. (Bajo la asesoría del Dr. Benjamín Valladares Carranza, la Dra. Lucia Delgadillo Ruiz, y el Dr. Rómulo Bañuelos Valenzuela).

La gallinaza puede causar toxicidad a los animales a los que se les suministra grandes cantidades durante la alimentación. El objetivo del presente trabajo fue determinar el contenido de plomo (Pb), en gallinaza procedente de unidades de producción bovina del Estado de México. Se evaluaron 45 muestras de gallinaza que fueron enviadas al área de Toxicología del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal de la F.M.V.Z., en el periodo 2013- 2017; el envío de dichas muestras fue con el interés de evaluarlas y determinar el contenido de Pb, dadas las condiciones o aparición de alteraciones en la salud de los bovinos que consumían dietas conteniendo dicho ingrediente. Cada una de las muestras de gallinaza fueron preparadas y procesadas a través de digestión ácida (ácido nítrico y perclórico), la lectura de las muestras se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica con la lámpara específica de Pb, expresando las cantidades en mg/kg. Para el reporte de resultados, se empleó el método descriptivo a través de cuadros y gráficas, comparando los resultados con los valores de referencia o reportados en la literatura. El promedio general de Pb en las muestras fue de  $0.47 \pm 0.52$  mg/kg; de acuerdo a los rangos de concentración establecidos en el trabajo, en los valores menores a 0.49 mg/kg se ubicaron 26 (57.7%) muestras, con un promedio de  $0.345 \pm 0.084$  mg/kg, y con valores mayores a 0.50 se hallaron 19 (42.2%), con un promedio de  $0.648 \pm 0.122$  mg/kg. El valor mínimo detectado de Pb fue de 0.15 mg/kg y el máximo de 0.89 mg/kg. En la gallinaza se pueden hallar una variedad de elementos que pueden ser tóxicos para los animales que la ingieren, por lo que es necesario que antes de su uso o adición a la dieta de los bovinos de engorda, se realicen análisis bromatológico y toxicológico para disminuir la presentación de patologías; aunado a minimizar la posible repercusión en la calidad y de contaminación de la carne procedente de esta especie para abasto.

**Palabras clave:** Gallinaza, plomo, bovinos, toxicidad.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en algunos sistemas de producción animal la gallinaza es uno de los desechos animales que más se usa para la alimentación del ganado bovino, ovino y caprino. Este excremento hace mucho era ignorado en las granjas avícolas considerándose como un desecho sin valor nutricional provocando problemas de contaminación por su acumulación dentro y fuera de las granjas. Sin embargo, esto ha cambiado radicalmente en los últimos años ya que se utiliza extensamente en la alimentación de rumiantes y en menor escala en no rumiantes (cerdos y aves), además como fertilizante agrícola (Ochoa y Urrutia, 2007).

Es tal su uso, que al precio al que se comercializa la hace comparable a un heno de alfalfa de buen a calidad. Su valor nutritivo es muy variable ya que es afectado por el tiempo de almacenamiento, cantidad de cama en la excreta, tipo de alimento que reciben las aves y procesamiento, entre otros (Georgievskii *et al.*, 1982).

La gallinaza como alimento que se incluye dentro de la alimentación animal, se caracteriza por ser una buena fuente de nitrógeno y minerales; se considera que además, es fuente de aminoácidos esenciales y algunas vitaminas. Sin embargo, puede contener una gran cantidad de microorganismos y muchos de ellos son patógenos para el animal que lo consume. Aunque el efecto patógeno puede ser de menor importancia en rumiantes por que los microorganismos no encuentran un ambiente favorable en el rumen en donde además existe una flora y fauna más adaptada que compite favorablemente por ese sitio del tubo digestivo (Underwood y Suttle, 2002).

De acuerdo con el proceso de obtención de la gallinaza, la sobrevivencia de los patógenos se ve disminuida por el procesamiento de secado (deshidratado) o por ensilaje. No obstante, son pocos los estudios conducidos para determinar el impacto del uso de la gallinaza - pollinaza en la salud de los animales y las personas. En países desarrollados, su uso debe estar regulado y/o prohibido en la alimentación animal. En México, aunque existe la Norma: NOM-EM-013-ZOO-1996, que refiere sobre las medidas e indicaciones para el manejo, procesamiento y su uso; el suministro de gallinaza se da en forma libre, sin considerar de manera precisa los efectos que causa

en los animales y más claramente en los productos pecuarios; hay evidencia empírica que un elevado nivel en la dieta (más del 50%), tiene efectos negativos en la carne (color negruzco), confiriéndole hasta un mal olor y sabor; no se sabe el efecto de residuos de minerales tóxicos, pesticidas, antibióticos y hormonas, que pueden ser transmitidos a la carne y leche y su efecto en la salud pública (Ochoa y Urrutia, 2007; Martínez, 2008).

La detección de metales tóxicos en los alimentos ha cobrado importancia en los últimos años debido a que se ha demostrado su toxicidad y su capacidad de bioacumulación en el organismo, por ello la FAO (2004), hace mención que a nivel mundial se han tomado medidas preventivas para reducir la exposición al Pb a través de los alimentos, las cuales se han centrado en establecer normas sobre su concentración permitidas en alimentos y aditivos alimentarios.

La normatividad nacional o local juega un papel fundamental para el control de los metales pesados en el país, así como en las unidades de producción animal, con el fin de mitigar el impacto ambiental e incentivar una producción más limpia y las buenas prácticas de producción ganadera (Ayala y Romero, 2013; Reyes *et al.*, 2016).

Por lo que el objetivo del presente trabajo es determinar y valorar las concentraciones de plomo (Pb), en muestras de gallinaza, que es empleada en la alimentación de bovinos de engorda, principalmente, ya que este subproducto usado como elemento “nutritivo” para rumiantes puede tener algunos beneficios, pero a la vez puede ocasionar alteraciones importantes en la salud animal.

## REVISIÓN DE LITERATURA

En los sistemas de producción animal el aporte alimentario y las necesidades en las diferentes unidades de producción animal, se realiza de manera tradicional con esquilmos agrícolas recogidos en periodos específicos de cada cosecha agrícola, en los que la calidad nutrimental de estos alimentos no satisface en la mayoría de los casos las necesidades de los animales; por lo que actualmente se realizan e implementan dietas que cumplan con requerimientos mínimos, de acuerdo a cada especie animal (Shimada, 2003).

En las diferentes unidades de producción animal es necesario complementar la alimentación de las diferentes especies domésticas; e incluso en los diferentes alimentos comerciales que se expenden actualmente, estos vienen “adicionados” con minerales, algunos en forma correcta otros de forma superlativa o incorrecta, tratándose de promover el crecimiento (por la bioactividad funcional, y algunos con propiedades antimicrobianas), desarrollo y productividad animal (Valladares *et al.*, 2015c). Es probable, como el caso del selenio (Se), se pueda encontrar de forma natural en varios alimentos, este tiene acciones fundamentales en la protección celular (daño oxidativo), síntesis de ADN y en el metabolismo hormonal, además de ayudar al organismo a disminuir la susceptibilidad a carcinógenos (Valladares *et al.*, 2022).

En este trabajo se realiza una descripción de cada uno de los apartados de interés con la finalidad de evaluar y valorar el contenido de metales en las excretas animales, uso y características de la gallinaza en la producción pecuaria, características físico-químicas de la gallinaza, entre otros, como las características del plomo (Pb), como elemento que no debe sobrepasar en la cantidad y/o su concentración por las repercusiones en salud de los animales.

### **Contenido de metales en excretas animales**

En todas las unidades de producción animal se producen una gran cantidad de excretas, entre otros desechos generados por los mismos animales, lo que conlleva a la deposición de estas en sitios en los que pueden producir contaminación ambiental (malos olores, aspecto y presencia de fauna nociva, como: ratas, ratones, moscas y

mosquitos, entre otros), los cuales se pueden apreciar a simple vista. En muchos lugares es factible que posterior a un periodo, las mismas excretas sean distribuidas en diferentes terrenos fértiles, en donde se lleva a cabo la siembra y producción de cultivos y granos tanto para la alimentación del hombre, como de los mismos animales (Smith *et al.*, 2007).

Sin embargo, aunque se puede pensar que al aplicar las excretas genera o mejora el contenido de materia orgánica y la fertilidad del suelo, esta práctica puede ocasionar serios problemas ambientales, como la contaminación del agua superficial por nitratos y fosfatos, y la contaminación de metales, ya que las excretas contienen altas cantidades de metales como el caso del cobre (Cu), zinc (Zn), arsénico (As) y cadmio (Cd). Estos a su vez, pueden acumularse en suelos superficiales, mantenerse de acuerdo al tipo de suelo una acumulación y repercutir negativamente en el uso del cultivo agrícola, sobre la fertilidad del terreno y la calidad de los cultivos, promoviendo la migración de los metales a través del lixiviado y escurrimiento, por lo que la atención en la evaluación del riesgo de contaminación por metales pesados es muy relevante hoy en día (Toor *et al.*, 2007; Moral *et al.*, 2008; Jiang *et al.*, 2011).

De acuerdo a la investigación de Li *et al.* (2007), para la determinación de metales pesados en el estiércol de cerdos; el rango de concentración de cadmio en excretas vario desde no detectable (nd) a 129,76 mg/kg de materia seca (MS); y los residuos de estos elementos fue variable en diferentes lugares que fueron muestreados; como fue el promedio del contenido de cobre en excretas de cerdos, bovinos y aves, a razón de 399,46 y 89 mg/kg de MS, respectivamente. Sin embargo, Yao *et al.* (2006), reporto valores de cobre en excretas de cerdos de 765 y aves de 107 mg/kg en MS, siendo mucho más alta, considerando que con el transcurso del tiempo estas iban en aumento, enfatizando la valoración de este entre otros elementos como el arsénico y el cadmio en tierras de cultivos.

En el estudio de Sager (2007), realizado en Austria reporto una concentración de cobre en el estiércol de cerdos de 282 mg/kg; y de 35 mg/kg en purines de cerdo en Inglaterra, en contraste a lo que Gong *et al.* (2008), encontraron sobre la concentración promedio de cobre en el estiércol de cerdo que fue mucho mayor de 1,018 mg/kg en granjas

porcinas en China, esto atribuido a que el contenido de metales pesados como el cobre entre otros es un reflejo de su contenido en los alimentos consumidos y la eficiencia de la conversión alimenticia por parte de los animales, además de que podría estar asociado a que en las granjas en donde se detectaron altas cantidades no existe una determinación ó valoración de los alimentos que se les adiciona a los animales, así como a un uso excesivo de aditivos de metales pesados en la dieta, a la falta de conocimiento por parte de los médicos veterinarios y a la insuficiente supervisión del personal de entidades gubernamentales encargadas para ello.

En este mismo sentido, Nicholson *et al.* (1999), refieren que la aplicación de aditivos de arsénico, en los alimentos ha resultado en la aparición de residuos de As en el estiércol; al reportar que en Inglaterra y Gales la concentración promedio de As en estiércol de cerdo, gallinas ponedoras y bovinos fue de 1,68, 1,46 y 0,44 mg/kg, respectivamente. Por su parte Sager *et al.* (2007), determinaron que la concentración promedio de As en el estiércol del cerdo y de bovinos fue <1,0 mg/kg en Austria, resultados significativamente más bajos que los reportados al noreste de China. Sin embargo, Jackson *et al.* (2003), reportaron que el contenido de As en estiércol de pollo fue de 15,7 mg/kg en Alabama, Georgia y Carolina del Sur, EE.UU., lo cual también se asoció con el aumento de arsénico en la alimentación animal.

Por otra parte, Sager *et al.* (2007), al considerar la concentración de cadmio (Cd) en el estiércol de cerdos y aves, el promedio de concentración de este elemento en estas dos especies fue mayor que el contenido en las heces de bovinos; al referir resultados de las determinaciones de Cd en estiércol de aves y cerdos el contenido fue < 0,5 mg/kg esto en Austria; condición similar a lo que reportaron Jackson *et al.* (2003), en heces de aves en los EE.UU.; ambos estudios han coincidido en que el contenido promedio de Cd en el estiércol tanto de aves, cerdo y bovinos no debe sobrepasar una concentración de < 0,3 mg/kg. Estos trabajos además refieren que hay correlación significativa entre el contenido de Cd en los alimentos y el estiércol, y puede representar un alto riesgo de contaminación de Cd a áreas de cultivo cercanas a zonas industriales en donde se utilice este metal.

## **Uso de la gallinaza en la producción pecuaria**

Independientemente de la zona o área geográfica, el uso de la gallinaza que es un “subproducto” generado por la industria avícola, es el estiércol de aves (gallinas), el cual es “preparado” para incluirse en el área agropecuaria, tanto en la industria ganadera o agrícola con la intención de obtener un mayor y mejor beneficio en su complementación de alimento del ganado bovino, dentro de los cuales se encuentran: el bajo costo, a que es una fuente alimenticia con alto contenido proteico, es una fuente de alimentación con alto contenido energético, a que es una fuente de obtención de minerales y es fácil de obtener si es que existen granjas vecinas que tengan este producto, salvo que para su transporte en el que debe incluirse un buen manejo a partir de un buen transporte y contar con un lugar adecuado que cumpla con las características deseables para su almacenamiento (Williams, 1999; Ochoa y Urrutia, 2007).

Es importante el considerar que la NOM-EM-013-ZOO-1996, refiere sobre el tratamiento, transporte, movilización, uso, almacenamiento y comercialización de la gallinaza y pollinaza, y que corresponde a la Dirección General de Salud Animal y a las Delegaciones estatales de la Secretaría, la aplicación de las disposiciones contenidas en esta Norma en el ámbito de sus respectivas atribuciones y circunscripciones territoriales, con actividades que orientan a difundir y vigilar la correcta aplicación del tratamiento que debe realizarse con la gallinaza y pollinaza en todas las granjas que exista riesgo, ya sea por aislamientos virales, bacteriano o serología positiva.

El tratamiento que debe realizarse, es: a) Tratamiento por fermentación, de por lo menos 48 horas. Previamente debe humedecerse la gallinaza o pollinaza cubriendo con plástico o lona, preferentemente de color negro, debiendo removerse periódicamente. El propósito es que la temperatura ascienda en las excretas al menos a 60 °C. b) A la gallinaza o pollinaza se le podrán aplicar tratamientos físicos o químicos, en sustitución de la fermentación, siempre y cuando éstos demuestren ser efectivos en la destrucción de virus de IA. Para este propósito, el tratamiento debe ser previamente autorizado y supervisado por la Secretaría. c) Una vez realizado lo anterior, el Médico Veterinario oficial, aprobado o responsable de la granja, debe avalar el tratamiento de la gallinaza o

pollinaza, mediante la constancia de tratamiento respectiva indicada en el "Apéndice A" (Normativo). d) Los camiones de transporte deben lavarse, desinfectarse y acondicionarse en forma tal para que, en tránsito, no haya fugas de gallinaza o pollinaza, la cual debe salir de la granja encostalada o a granel en camiones cubiertos con una lona (NOM-EM-013-ZOO-1996).

En la actualidad no existe información confiable sobre los volúmenes de producción de esta excreta en México y en el mundo por la dificultad de su cuantificación. Sin embargo, solamente en los Estados Unidos de Norteamérica se estima una producción en materia seca anual de 3 374 000 ton de gallinaza y 2 086 000 ton de pollinaza. Al considerar que tanto la pollinaza y gallinaza se consideran como excretas de aves y que en el mercado alcanzan un mismo valor, se tendría un total disponible de 5 460 000 ton en base seca por año (Martínez, 2008).

De acuerdo a Ochoa y Urrutia (2007), en México se generan cada año 2.56 millones de ton de gallinaza y 12.5 millones ton de pollinaza, para un total de ambas excretas de 15.06 millones de toneladas al año, si estas excretas tienen 32% de materia seca, entonces tendríamos una producción de 4.82 millones de ton (base seca) de excretas de aves en México al año. El valor potencial de estas excretas en el mercado puede ser \$ 5.30 millones (4.82 x \$ 1.10) anualmente.

### **Composición físico - química de la gallinaza**

Con respecto a las características de la gallinaza, de manera general, son las excretas de gallinas ponedoras que se acumulan durante la etapa de producción de huevo o durante periodos de desarrollo de este tipo de aves, y se puede encontrar mezclado con desperdicios de alimento y plumas, o puede o no considerarse la mezcla con los materiales de la cama utilizada; mientras que, la pollinaza corresponde a las excretas de aves de engorda (obtención de carne), desde su inicio hasta su salida a mercado, mezclado con desperdicio de alimento, plumas y materiales usados como cama (FNB, 2006; Ochoa y Urrutia, 2007).

El contenido nutricional promedio de las excretas de las aves es de 48.73% total de nutrientes digerible, 20 a 31% de proteína cruda, con 13 a 20 % de fibra cruda, de 0.9 a 8.8% de calcio, con 1.6 a 2.1 % de fosforo, 0.4 a 0.9 de magnesio y potasio en un 0.5 a 2.3% (Smith *et al.*, 2010) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutricional de excretas de aves (%) en base seca.

Nutriente	Cama de ave	Gallinaza
Total nutrientes digeribles (%) (TND).	73	52
Proteína (%)	31	28
Fibra (%)	14	13
Calcio (%)	2.4	8.8
Fosforo (%)	1.8	2.5
Magnesio (%)	0.4	0.7
Potasio (%)	1.8	2.3

En contraste a la información vertida en el cuadro 1; la relación a la composición química de la gallinaza los valores en las excretas cuando han sido sometidas a un proceso consistente en deshidratación a 66-77 °C por treinta minutos, control de moscas, muestreo y análisis, registros de la dieta, medicación y control de secado de la composición química de acuerdo a la valoración realizada por Martínez (2008) (Cuadro 2).

De acuerdo a Ochoa y Urrutia (2007), el manejo que debe realizarse a la gallinaza de la mejor manera es el secado antes de mezclarla con cualquier otro ingrediente (como es el caso de la melaza, la cual se usa como adherente), de la dieta, u otros elementos del mismo alimento como granos y semillas; es recomendable que no se administre un contenido mayor del 30% en la dieta de los animales, debido a que puede ser tóxico tanto para los propios animales que la consumen e incluso presentar residuos de algunos elementos, como es el caso de metales pesados y ser un riesgo para los consumidores de productos y subproductos de origen animal a través de la carne o leche.

Cuadro 2. Composición química de la gallinaza.

Nutriente	Excreta seca de ave
Humedad (%)	3.5-12.6
Proteína (%)	19.10-33.40
Fibra (%)	9.9-18.20
Ceniza (%)	23.2-37.30
Calcio (%)	5.6-11.10
Fosforo (%)	2.1-2.80
Hierro (%)	0.1-0.40
Magnesio (%)	0.4-1.03
Potasio (%)	1.7-3.30
Sodio (%)	0.1-0.96
Arsénico (mg/kg)	4.0
Cadmio (mg/kg)	0.1-1.30
Cobre (mg/kg)	47-94
Manganeso (mg/kg)	190-450
Plomo (mg/kg)	0.1-2.96
Selenio (mg/kg)	0.1-1.20
Zinc (mg/kg)	210-448

La gallinaza como subproducto obtenido de la industria avícola, sus componentes son similares casi en todos los lotes que se llegan a obtener, sin embargo, el porcentaje al final puede variar de cada uno de sus componentes; por lo cual es necesario realizar una valoración antes de suministrarla como ingrediente en la alimentación animal, ya que pueden verse afectados los “beneficios” de su inclusión y no obtenerse los mismos efectos; además de realizarse un balanceo adecuado de la dieta en relación al porcentaje y aporte real de sus nutrientes, y la dependencia de los requerimientos de la condición y edad del ganado para engorda (Ochoa y Urrutia, 2007).

En el reporte de Ochoa y Urrutia (2007), al comparar y determinar la concentración de diferentes elementos minerales (N, P, Cu y Zn), en excremento de gallinas ponedoras y excremento de pollo de engorda la concentración fue de 13.5 y 13.0 de nitrógeno, 10.5 y 8.0 para fosforo, de cobre de 0.01 y zinc de 0.07 (en kg/ton de heces excretada), respectivamente, apreciando en este estudio que solo para la concentración de fosforo hubo variación significativa de los dos diferentes tipos de excretas de aves.

### **Minerales y metales pesados en la alimentación**

Los metales pesados son elementos naturales que tienen un alto peso atómico y una densidad al menos cinco veces mayor que la del agua. Sus múltiples aplicaciones industriales, domésticas, agrícolas, médicas y tecnológicas han llevado a su amplia distribución en el ambiente, lo que genera preocupación sobre sus posibles efectos sobre la salud humana y el ambiente. Su toxicidad depende de varios factores, incluida la dosis, la ruta de exposición y las especies químicas, así como la edad, el género, la genética y el estado nutricional de los organismos expuestos. Por el alto grado de toxicidad, el arsénico (As), el cadmio (Cd), el cromo (Cr), el plomo (Pb) y el mercurio (Hg) se encuentran entre los metales prioritarios de importancia para la salud pública; como elementos metálicos se consideran tóxicos sistémicos que inducen a daños a múltiples órganos, incluso a niveles bajos de exposición. También están clasificados como carcinógenos (conocidos o probables) según la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. y la Agencia Internacional para la Investigación del cáncer (Bhargava, *et al.*, 2012; Govind y Madhuri, 2014; Giromini *et al.*, 2016).

En la actualidad, en producción animal es necesario valorar la nutrición de todas las especies domésticas, ya que es fundamental para garantizar sus necesidades, prevenir deficiencias, y mejorar la salud y bienestar animal; además de considerar la seguridad e inocuidad alimentaria de los productos y subproductos que se puedan obtener de las especies para abasto (carne, huevo o leche); y la posible contaminación ambiental la cual puede modificar o alterar la misma productividad y salud de los animales domésticos.

Es importante considerar que en nutrición animal todos los animales requieren en cantidades moderadas el abasto e ingesta de varios elementos minerales (incluidos algunos metales pesados, ya que se ha demostrado ser esenciales). Varios de los elementos son requeridos por todos los organismos animales al conformar o ser parte de una gran variedad de complejos enzimáticos (como el cobalto, cobre, hierro, iodo, manganeso, molibdeno, selenio y zinc), y de esta forma ser vitales en el funcionamiento celular; algunos metales realizan una variedad de funciones, como: función estructural, fisiológica, catalítica y reguladora, por lo cual son esenciales en la salud y producción animal (Underwood y Suttle, 202; Valladares *et al.*, 2022).

Los requerimientos de todos los minerales en las diferentes especies de animales domésticos pueden ser establecidos a las necesidades de crecimiento, desarrollo y productividad; y mantenerse en límites o márgenes que no influyan o produzcan efectos adversos (deficiencias o toxicidad); para que todo esté acorde a su disponibilidad y asimilación deben considerarse otros factores que pueden influir sobre su aprovechamiento, como son: factores dietéticos, genética. La interacción entre nutrientes, biodisponibilidad y efectos tóxicos subclínicos (Valladares *et al.*, 2015a).

Para que la suplementación mineral pueda realizarse de manera adecuada en los sistemas de producción intensiva es necesario que se visualice y tenga conocimiento del nivel de concentración en los alimentos que naturalmente pueden tener acceso los animales; esto se representa como una banda entre la concentración dietética adecuada e inadecuada establecida por la dosis respuesta; además de considerar los niveles innecesarios excretados al ambiente. Se debe considerar además que en la alimentación animal actualmente se utilizan una serie de compuestos antibióticos, promotores del crecimiento u otros compuestos alternativos; que sin embargo han hecho propicio el aumento del uso de algunos minerales como estimulantes del crecimiento y para prevenir enfermedades entéricas en especies como el cerdo. Al considerar este aspecto como ejemplo de lo que ocurre con el uso de premezclas utilizadas a nivel mundial en cerdos, el zinc (Zn), como elemento esencial en el mantenimiento y restauración de la integridad de la barrera de protección contra patógenos y modulación del sistema inmunológico, promueve la producción de anticuerpos contra patógenos intestinales. Puede reducir

la diarrea e incrementar la tasa de crecimiento en lechones destetados, y es un estimulante del crecimiento y previene enfermedades entéricas (Walk *et al.*, 2015). Y la disponibilidad bajo prescripción y uso en medicina veterinaria del Zn llega a encontrarse farmacológicamente desde 2500 a 3000 mg de Zn/kg, que puede reducir los trastornos intestinales que ocurren tras el destete en los lechones, aunque desde el punto de vista nutricional y ecológico, la mejor estrategia es identificar y contrarrestar el origen o causa de los procesos diarreicos (Rossi *et al.*, 2014a).

Asimismo, el cobre (Cu), es un mineral importante en la producción animal, en particular en los cerdos provoca una mejoría en conversión y eficiencia alimenticia. En concentraciones de 150 a 250 mg de Cu/kg puede maximizar el rendimiento del crecimiento sin que estén expuestos a riesgo de intoxicación; y en la producción avícola el Cu (previene de anemia), el Zn y el Mn (al actuar como catalizadores de reacciones enzimáticas y hormonales), previenen diversas enfermedades (Polen y Voia, 2015; Suleiman *et al.*, 2015).

Los metales pesados son ubicuos y se liberan continuamente de fuentes artificiales a los ecosistemas acuáticos y terrestres, amenazando la salud humana y animal. Son potencialmente peligrosos debido a su toxicidad, bioacumulación y capacidad de biomagnificación cuando se encuentran dentro de los tejidos vivos, y se almacenan más rápido de lo que se excretan. Se ha demostrado que el aumento de la urbanización, la industrialización y las actividades agrícolas liberan metales pesados al medio ambiente (Aschner, 2002; Abulude *et al.*, 2006; Aycicek *et al.*, 2008).

En las unidades de producción animal la estrategia de complementar o adicionar minerales en la alimentación, puede ocurrir de diferentes formas, sin embargo, las más comunes, cuando se encuentran en forma de sales orgánicas, son: como sulfatos, carbonatos, cloruros y óxidos minerales, que al ingerirse, en el tracto digestivo sufren una descomposición para formar iones libres los cuales posteriormente se absorben. Pero las concentraciones de estas sales frecuentemente superan el requerimiento fisiológico, provocando la excreción fecal; y son de interés los compuestos quelados

como fuentes de minerales biodisponibles, y posteriormente en el medio en el que se desechan, sobre todo aquellos lugares en donde se utilizan las excretas ya sea para la fertilización de campos o cultivos, así como para la alimentación animal, como es el caso de la pollinaza o gallinaza (López-Alonso, 2012).

Para efecto de una suplementación mineral es necesario considerar que entre estos elementos puede ocurrir una interacción e interdependencia de varios de ellos. Estas interacciones pueden determinar un impacto del nutriente en la biodisponibilidad de otro en relación a su uso y absorción, como el caso del Cu que interactúa negativamente con el Mn, Zn y Fe. En la unión de proteínas, estas llegan a transportar minerales, como el Fe, Cu y Ca, por lo que la ingesta inadecuada de proteínas afectará la función de estos elementos nutritivos. Así como la calidad y cantidad de fibra en la dieta puede influir negativamente en la absorción de los minerales como el Ca y el Fe. La interacción de vitaminas y minerales es otra situación metabólica (efecto sinérgico del selenio y vitamina E), en este caso muchos oligoelementos son importantes por su función antioxidante, y a los que se les debe manejar de manera adecuada durante su almacenamiento, ya que de lo contrario sus propiedades se verán afectadas por el deterioro a altas temperaturas (Medardus *et al.*, 2014).

Para la producción animal sostenible y el desarrollo efectivo de preservación de estrategias de calidad del agua y del suelo a largo plazo que estén libres de la contaminación por metales pesados, es necesario comprender la base nutricional de las interacciones entre los organismos y el ambiente; recomendando que es necesario suministrar una dieta lo suficientemente balanceada para cubrir las necesidades de todos los nutrientes previniendo deficiencias y excesos o desequilibrios bioquímicos (Valladares *et al.*, 2015a y b).

### **Contaminación de los alimentos por metales pesados**

A nivel mundial la contaminación por metales pesados de los alimentos es muy variada y depende estrictamente de la ubicación y restricciones legales que apliquen a estas áreas geográficas; en las prácticas agropecuarias dependerá de las condiciones climatológicas y del tipo y características de los suelos; de manera natural todos los

suelos contienen diferentes concentraciones de metales pesados, además dichos componentes también se agregan a los campos agrícolas a través de la aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos, la defecación y micción directa de los animales, y los pesticidas (Kochare y Tamir, 2015).

En la investigación realizada por Wang *et al.*, (2013), en China la concentración promedio de elementos no deseables como el mercurio, arsénico, plomo, cadmio y cromo en algunos alimentos evaluados estuvieron por debajo de 10 mg/kg, lo cual pudo estar relacionado con el diferente manejo de las materias primas y alimentos, y las especies animales. Sin embargo, comparativamente con lo detectado por Dai *et al.* (2016), en EE.UU., encontró una variabilidad de 12 a 349 mg/kg; y Nicholson *et al.* (2003), en Inglaterra de 1.0 a 8.23 mg/kg de concentración para el caso de plomo; lo cual lo relacionaron a la actividad industrial, entre otras actividades antropogénicas que influyen sobre la deposición de este metal pesado sobre una gran variedad de suelos, agua y aire contaminados.

Los metales son elementos naturales de la corteza terrestre, a través de la erosión natural ocasionada por el agua y el viento, se esparcen naturalmente en el ambiente en forma de polvo o se filtran en los ríos. Pero hay que considerar que estos procesos naturales emiten menos metales al ambiente que las actividades antropogénicas; la dispersión de altas cantidades de estos elementos en el ambiente conduce a su propagación en la cadena alimentaria. Los metales pesados (como: Fe, Co, Cu, Mn, Mo, Se, Zn, Cr y Cd, Hg, Pb y As), como elementos metálicos presentan una alta densidad en comparación con el agua y están presentes en varias matrices en trazas. Su pesadez y toxicidad están interrelacionadas, ya que son capaces de inducir toxicidad en dosis bajas (Govind y Madhuri, 2014; Giromini *et al.*, 2016; Valladares *et al.*, 2019).

De acuerdo a Hambidge (2003), señala que algunos metales son esenciales para mantener varias funciones bioquímicas y fisiológicas tanto en el humano, animales y plantas. Los requerimientos nutricionales de oligoelementos, como cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y zinc (Zn)

son generalmente bajos y se les conoce como microelementos. Se encuentran presentes en una variedad de matrices, aunque con diferente biodisponibilidad, en concentraciones traza. Además, Rossi *et al.* (2014b), refieren que los oligoelementos esenciales se agregan generalmente como aditivos nutricionales en la alimentación animal para promover la salud y optimizar la producción; sin embargo, la exposición excesiva con mayor concentración de estos se ha relacionado con trastornos celulares sistémicos y podría representar una fuente de contaminación.

Otros metales (como: As, Cd, Pb y Hg) no tienen funciones biológicas establecidas y se consideran contaminantes y sustancias indeseables en la alimentación animal. Además, son un peligro para la salud pública y presentan una alta toxicidad porque pueden inducir a daños en varios tejidos y órganos, incluso a niveles de exposición bajos (Govind y Madhuri, 2014; Giromini *et al.*, 2016) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Metales pesados en la nutrición animal.

Elementos esenciales (autorizados en nutrición animal).	Elementos no esenciales (no desables)
Cobalto (Co)	Arsenico (As)
Cromo (Cr)	Cadmio (Cd)
Cobre (Cu)	Mercurio (Hg)
Hierro (Fe)	Plomo (Pb)
Manganeso (Mn)	
Molibdeno (Mo)	
Niquel (Ni)	
Selenio (Se)	
Zinc (Zn)	

Los factores a considerar, como la dosis, la vía de exposición, las “especies” químicas, edad, sexo, genética y el estado nutricional de los organismos expuestos son de gran importancia e influencia en la toxicidad de los metales pesados, sean o no esenciales. Y este efecto a la vez esta correlacionado tanto a la dosis como al tiempo de exposición, en donde se puede presentar una intoxicación aguda en dependencia de una alta dosis

y cantidad ingerida en un periodo de tiempo corto, y un proceso crónico con alta probabilidad de bioacumulación, cuando se ingieren cantidades relativamente pequeñas durante un tiempo prolongado (Tchounwou *et al.*, 2012).

Con un enfoque multidisciplinario es necesario considerar la ecología de la nutrición, centrándose en todos los organismos, el ambiente y la base nutricional de la cooperación entre organismos (función, mecanismo y desarrollo; como ejemplo: protozoarios ruminales), y el ambiente (biótico y abiótico). Ya que la ganadería requiere de una estrategia global de ecología nutricional que garantice tanto el estado de salud humana y de los animales como producción sustentable. Al considerar que a nivel mundial se estará promoviendo la reducción del agua y el suelo por metales pesados, entre otros contaminantes, ya que estos son la principal causa de deterioro ambiental y de eutrofización; además de la contaminación por metales pesados de muchos alimentos es un problema grave en las actividades agropecuarias intensivas (Raubenheimer *et al.*, 2009; Valladares *et al.*, 2015a).

De acuerdo a Jarup (2003), los metales pesados son potencialmente peligrosos debido a su toxicidad, bioacumulación y biomagnificación cuando se encuentran dentro de los tejidos vivos y se almacenan más rápidamente de lo que se excretan; por lo que en la ingesta dietética en una evaluación de niveles de exposición a metales tóxicos o a dosis tóxicas puede verse influenciada por varios factores, como el manejo, tipo y calidad de las materias primas, aditivos, ingestión de suelo y contaminación accidental, son condicionantes relevantes a considerar; los episodios de toxicidad aguda son poco comunes con excepción de una exposición accidental.

Tanto el hombre como los animales pueden estar expuestos a metales pesados y oligoelementos a través de las diferentes vías: la inhalación de contaminantes del aire, el consumo de agua contaminada, la exposición a suelos contaminados o desechos industriales y la ingestión de una variedad de alimentos contaminados (verduras, granos, frutas, pescado y mariscos y carnes). La principal fuente de exposición difiere según el elemento. Metales como el cadmio presente en niveles bajos en la mayoría de los alimentos (cereales integrales, frutas, tubérculos, carne y pescado); sus niveles más

altos se encuentran en los despojos (riñón e hígado) de mamíferos y en mejillones y ostras (Valladares *et al.*, 2014 y 2019)

### **Plomo como elemento no deseable en los alimentos.**

El plomo (Pb) es uno de los principales metales pesados contaminantes; con el rápido desarrollo en la industria de la pintura, la minería y el petróleo, entre otras, el Pb antropogénico se ha distribuido por toda la tierra, incluso en las cuencas oceánicas y de nieve antárticas; debido a la naturaleza no biodegradable y la aplicación continua de materiales relacionados con el plomo, sus niveles aumentan en casi todos los países, lo que representa una grave amenaza para la seguridad alimentaria (Angelidis *et al.*, 2011; Valladares *et al.*, 2019).

La absorción y retención del plomo soluble es inferior al 10% de la ingesta total en condiciones dietéticas normales. Sin embargo, el Pb absorbido se distribuye en los órganos a través de la circulación y luego se excreta lentamente a través de la orina o las heces (Valladares *et al.*, 2015b). Para los mamíferos y las aves, el Pb puede acumularse sustancialmente en los huesos; la deposición de Pb en el hueso es muy persistente debido a la formación de complejos estables de Pb-fosfato. El riñón y el hígado suelen tener el mayor contenido de Pb en los órganos. La literatura reciente sugirió que la concentración de Pb en la carne de pollo es mucho más baja que la del riñón y el hígado, por lo que puede considerarse una fuente segura de nutrición humana. Sin embargo, los productos cárnicos aún sufren un alto riesgo de exceso de metales pesados (Korish y Attia, 2020).

En el estudio realizado por Korish y Attia (2020), señalan que las concentraciones de plomo en las dietas de pollos de engorde y gallinas ponedoras oscilaron entre 2,09 y 5,27 mg/kg; lo que indica que el Pb está presente en niveles altos en las dietas probadas en su investigación. Y que la contaminación encontrada de Pb en los alimentos estuvo relacionada principalmente con la contaminación ambiental resultante de los herbicidas, los fertilizantes químicos y las aguas residuales que causan la contaminación del suelo y los alimentos.

De acuerdo a la NOM-004-ZOO-1994 y la NOM-117-SSA1-1994, el límite establecido como nivel máximo en productos cárnicos y derivados es de 1.0 mg/kg; y a razón de que no existen trabajos que determinen cual es el nivel máximo del contenido de plomo en gallinaza, y a que el contenido máximo de este metal debe ser lo más bajo posible, ya que como se ha descrito que el plomo tiene la capacidad de bioacumularse y biomagnificarse a través de la cadena alimenticia.

## JUSTIFICACIÓN

En la alimentación animal el uso de diferentes ingredientes que pueden servir y cumplir con los requerimientos nutricionales es a veces incierto por lo que es necesario realizar estudios complementarios que permitan determinar el valor nutrimental en las dietas de las diferentes especies para abasto; en la actualidad en los diferentes sistemas de producción animal el uso de ingredientes con contenido proteico, contenido de carbohidratos y lípidos así como de la concentración mineral que se da de manera habitual en ocasiones no satisface las necesidades por etapa productiva de los animales, aunado a que se utilizan dietas desbalanceadas; el uso de suplementos como es el caso de la gallinaza, la cual se considera es utilizada como fuente de nitrógeno no proteico, y que económicamente es un ingrediente que puede encontrarse fácilmente en el mercado, este es adicionado sin la recomendación y supervisión de un especialista, lo que puede provocar alteraciones en el metabolismo animal incluso al grado de producirle toxicosis.

Es importante el considerar que la gallinaza puede causar toxicidad sobre todo en bovinos a los que se les suministra en grandes cantidades, así como en ovinos en los que actualmente es frecuente también su uso; a la fecha no existen o son pocos los reportes respecto a este aspecto, por lo cual es necesario conjuntar información sobre los valores del contenido de plomo en este suplemento alimenticio en unidades de producción que la utilicen en el Estado de México.

## **HIPÓTESIS**

La concentración de plomo en muestras de gallinaza es  $\leq$  a 1.0 mg/kg.

## **OBJETIVOS**

Determinar las concentraciones de plomo en muestras de gallinaza.

Aportar información sobre valores del contenido de plomo en gallinaza.

## MATERIAL

Para el presente estudio se utilizaron valores de 45 muestras de gallinaza que fueron enviadas al área de Toxicología del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal de la F.M.V.Z., en el periodo 2013- 2017; él envió de dichas muestras fue con el interés de evaluarlas y determinar el contenido de plomo (entre otros metales pesados: Cu, As y Hg principalmente), dadas las condiciones o aparición de alteraciones en la salud de los bovinos que consumían dietas conteniendo dicho ingrediente.

### Material de laboratorio.

Papel Whatman No. 41.

Ácido nítrico.

Ácido perclórico

Agua desionizada.

Frascos de plástico.

### Equipo de laboratorio.

Balanza analítica. Sartorius NOM - 01

Digestor (LABCONCO-64132).

Espectrofotómetro de absorción atómica. Perkin Elmer No. Serie LR23329C. (Manual Perkin Elmer Co.: Analytical Methods for Absorption Spectrophotometry).

Lámpara de cátodo hueco específica para plomo (Perkin Elmer Co., 1985).

Equipo de cómputo: computadora e impresora; USB, CD's, hojas, lápices y bolígrafos.

## MÉTODO

### **Obtención de muestras.**

Las 45 muestras de gallinaza procedieron de diferentes unidades de producción localizadas en el Estado de México; remitidas para análisis toxicológico al área de Toxicología del CIESA-FMVZ, para la determinación de diferentes metales pesados como: Cu, As y Hg, de los cuales uno de los de mayor interés fue el plomo; cabe hacer mención que el costo por cada elemento de interés es elevado y que los valores obtenidos por solicitud de los propietarios (remitentes), documentan este trabajo.

### Procesamiento de muestras.

Cada una de las muestras de gallinaza (5 gr), se pesó mediante una balanza analítica en un tubo de vidrio. Después se les agrego 10 mL de ácido nítrico concentrado, se dejaron en reposo durante 1 hora y se colocaron en un digestor, hasta la emisión de gas; posteriormente se les agrego 1 mL de ácido perclórico y se continuo con la digestión hasta el punto en que cada muestra se aclaró (color amarillo claro), y dejo de desprender gas.

Una vez terminada la digestión de cada una de las muestras, se filtró con papel Whatman No. 41 y aforaron a 25 mL con agua desionizada, se identificaron y guardaron en frascos de plástico hasta realizar su lectura.

La lectura de las muestras se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica con la lámpara específica para el elemento (Pb) de estudio, bajo las condiciones del fabricante. Las cantidades se expresan en mg/kg\*, de acuerdo a la siguiente formula:  $mg/kg = (lectura - blanco) (aforo) / peso \text{ de la muestra}$  (Perkin, 1982).

Para el reporte de resultados, se empleó el método descriptivo (Cuadros y graficas) (Steel y Torrie, 1998; Wayne, 2000), y se compararon con valores de referencia o reportados en la literatura.

## LÍMITE DE ESPACIO

El procesamiento de muestras se realizó en el área de Toxicología del Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México.

La lectura de las muestras se realizó en el área de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria. Ciudad de México.

El municipio de Toluca está ubicado en la región centro Oeste del Estado de México, a los 19° 42' 16" latitud Norte, y 99° 39' 38" longitud Oeste del Meridiano de Greenwich. El clima predominante es templado frío con lluvias en verano, presentando al año más de 37 días con granizada, sobre todo en los meses de Julio y Agosto.

El municipio de Toluca se encuentra a una altura de sobre el nivel del mar de 2400 metros. En la capital del estado se origina una cadena montañosa que se continúa hacia el Noroeste con altitudes de 2600 a 2800 metros sobre el nivel mar.

La temperatura media anual es de 13.6 °C con una máxima de 25 °C y 3 °C como mínima, se presentan más de 140 días con heladas al año y la presentación pluvial anual varía de 800 a 1500 mm<sup>3</sup> durante el período de lluvias comprendido de mayo a septiembre, con lluvias aisladas en abril, noviembre y diciembre.

## LÍMITE DE TIEMPO

El trabajo se realizó en el período comprendido de octubre 2021 a abril del 2022; en donde destacaron las fases de búsqueda y recolección de información, análisis y elaboración de fichas bibliográficas, y redacción del documento.

Cronograma de actividades

Actividad	Oct-Dic 2021	Dic-Feb 2022	Feb –Mzo 2022	Abril 2022
Búsqueda y recolección de información	X	X		
Análisis y elaboración de fichas bibliográficas	X	X		
Redacción de protocolo	X	X	X	
Redacción del documento final		X	X	X

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo con el objetivo de determinar la concentración de plomo (Pb), en gallinaza, se analizaron un total de 45 muestras que fueron remitidas para la determinación de diferentes metales al Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal (CIESA), las cuales procedieron de unidades de producción bovina de varios municipios del estado de México; la particularidad del interés de los propietarios fue que a los animales a los que se les suministraba la gallinaza varios presentaron signos clínicos; de tipo nervioso (incoordinación, debilidad y postración, y una vez que se echaban ya no podían ponerse de pie), así como trastornos digestivos (diarrea y salivación excesiva).

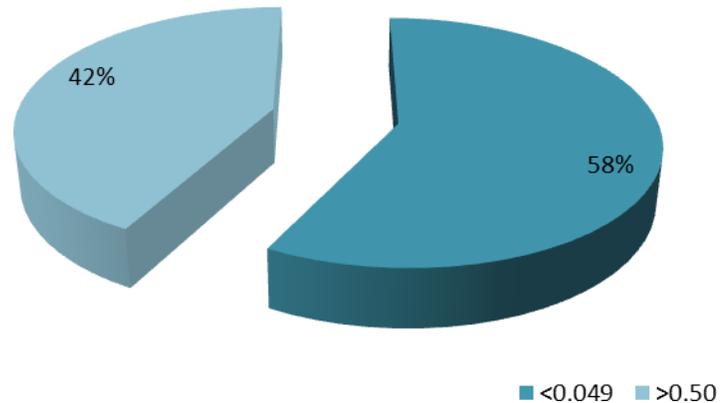
De acuerdo a los rangos de concentración establecidos en el trabajo, los valores menores a 0,49 mg/kg se ubicaron 26 (57.7%) muestras, con un promedio de  $0.345 \pm 0.084$  mg/kg, y con valores mayores a 0.50 se hallaron 19 (42.2%), con un promedio de  $0.648 \pm 0.122$  mg/kg (Cuadro 4 y Figura 1).

Cuadro 4. Concentraciones de plomo (mg/kg) detectadas en muestras de gallinaza.

Rango	Número	Porcentaje	Promedio y DS
< 0.49	26	57.7	$0.345 \pm 0.084$
>0.50	19	42.2	$0.648 \pm 0.122$
Total	45	100	

Con los valores de Pb detectados en este estudio, estos se hayan dentro del rango que se señala como “normal”, con un valor mínimo de 0.15 y el máximo de 0.89 mg/kg, al comparar los datos reportados por Ochoa y Urrutia (2007), referente al rango de concentración de plomo en gallinaza a razón de 0.1 a 2.96 mg/kg.

Figura 1. Distribución de la concentración (%) de plomo en muestras de gallinaza



Considerando que este tipo de metales como el plomo, cadmio, arsénico y mercurio, estos deben encontrarse en muchas matrices límites mínimos, o bien estar libres de estos (cero residuos), ya que dependiendo de la sensibilidad o susceptibilidad de todo organismo es factible que se puedan presentar signos clínicos al paso del tiempo (Valladares *et al.*, 2019); cualquier vía de ingestión de plomo tiene como punto final el hígado, el cual metaboliza todas las sustancias que a él llegan, eliminando una parte por la bilis (Valladares *et al.*, 2015b) . Se excreta fundamentalmente por orina (80%) y de forma secundaria por heces; en el caso de baja exposición, existe un equilibrio entre el aporte del elemento y la eliminación, pero pasado cierto nivel comienza a acumularse en el organismo (Llobet *et al.*, 2003; Valladares *et al.*, 2014).

El promedio general de Pb en las muestras de gallinaza obtenido fue de  $0.47 \pm 0.52$  mg/kg, condición que requiere atención, ya que, durante la alimentación animal, a los bovinos particularmente se les proporcionan dietas con un porcentaje de ingredientes como la gallinaza, subproducto que se obtiene de la industria avícola y en la que se pueden hallar una variedad de elementos que pueden ser tóxicos para los animales que ingieren este tipo de elemento, por lo que es necesario que una vez que se determine su uso o adición a la dieta de los bovinos de engorda, se realicen análisis bromatológico y toxicológico para disminuir la presentación de patologías en esta especie animal; aunado a minimizar la posible repercusión en la calidad y de contaminación de la carne procedente de esta especie para abasto.

Cabe resaltar, que las condiciones ambientales entre otras circunstancias pueden proveer de datos relevantes cuando se pretende investigar el contenido de plomo, como elemento no indispensable, contaminante en alimentos y otras muestras; en el estudio realizado en localidades del Valle de Lerma por Montes de Oca *et al.* (1993), al determinar el contenido de Pb en aguas, las cuales se utilizaban para el suministro – consumo de animales de esa región, encontraron valores de 0.046 mg/kg y 0.076 mg/kg, en contraste a lo reportado por Hannz y Leyva (1995), al analizar agua de áreas de depósito natural y agua proveniente de una zona industrial con niveles de 1.56 mg/kg en el Cerrillo y 1.04 mg/kg en Lerma, valores muy por encima de los registrados previamente por Montes de Oca *et al.* (1994), en la misma región; la diferencia de los valores reportados fue atribuido a la forma de muestreo, ya que el primero se realizó en muestras de aguas profundas, mientras que el otro estudio fue de aguas superficiales y residuales.

A la vez, en relación a la deposición de plomo en suelo, Pereyra (1994), reporto un valor promedio de  $3.0 \pm 0.68$  mg/kg de Pb en suelo destinado para la agricultura; mientras que Hannz y Leyva (1995), en el informe de su estudio el valor de Pb en suelo fue de  $15.53 \pm 6.39$  mg/kg concentraciones que contrastan aun siendo de la misma región, y en donde se refiere que el primer estudio fue realizado en terrenos de cultivo, mientras que el segundo, se realizó en zonas de depósito natural de agua (sedimentos),proveniente de una área industrial.

Así mismo, el contenido de plomo en forraje, en el estudio de Rozenbland (1994), realizado en diferentes unidades de producción localizadas en áreas con bajo y alto riesgo informo un contenido de 0.025 y de 0.5 mg/kg de Pb, respectivamente; mientras que en dos diferentes explotaciones del Valle de Lerma, Estado de México, los valores de Pb en forraje se encontraron en los rangos de concentración de 2.32 a 3.75 mg/kg y de 2.05 a 3.64 mg/kg (Montes de Oca *et al.*, 1993), lo cual relacionaron al manejo de los forrajes analizados, como: temporada de corte del forraje, cercanía del área de cultivo con zonas industriales y áreas conurbadas, uso de agua residuales en el riego de cultivos, cercanía de los cultivos a carreteras (tránsito vehicular). Bajo estas condiciones

y desarrollo de las actividades agropecuarias es probable que se encuentre el factor riesgo de ingestión e ingreso al organismo de metales pesados como el plomo, aunado a que, en dependencia de elementos, como el agua, suelo y forraje; el mismo ambiente de las áreas de donde se comercialice u obtenga la gallinaza, también podemos encontrar niveles significativos de plomo en este subproducto obtenido de la producción avícola que se utiliza en la alimentación de rumiantes.

De acuerdo al reporte e informe de los propietarios de las muestras de gallinaza, estas procedían de los estados de Querétaro y Puebla, sería interesante investigar la zona de origen con mayor precisión para ver si existen o no condiciones durante el manejo u otro que puedan influenciar el contenido de plomo u otro metal que pueda afectar la salud de los animales que la consumen, y poder realizar un diagnóstico más dirigido acerca de la causa que propicio los signos clínicos que reportaron los propietarios de los animales a los que se les suministro la gallinaza. Castellanos y Murguía (2002), refieren que la repercusión de un mal manejo tanto de la pollinaza y de la gallinaza al colectarse al final del periodo productivo de una caseta de aves, que se puede hallar mezclada con los desechos de la cama (aserrín, paja, residuos de alimento y huevos rotos, entre otros) requiere un proceso adecuado por la posible proliferación bacteriana o de hongos, los cuales pueden producir efectos tóxicos adversos a los animales a los que se destina.

## **CONCLUSIONES**

El promedio general de Pb en las muestras de gallinaza fue de  $0.47 \pm 0.52$  mg/kg.

El valor mínimo detectado de Pb fue de 0.15 mg/kg y el máximo de 0.89 mg/kg.

En los rangos de concentración establecidos, los valores menores a 0.49 mg/kg se ubicaron 26 (57.7%) muestras, con un promedio de  $0.345 \pm 0.084$  mg/kg, y con valores mayores a 0.50 se hallaron 19 (42.2%), con un promedio de  $0.648 \pm 0.122$  mg/kg de plomo.

## LITERATURA CITADA

- Angelidis, M.O., Radakovitch, O., Veron, A., Aloupi, M., Heussner, S., Price, B. (2011). Anthropogenic metal contamination and sapropel imprints in Deep Mediterranean sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 62:1041–1052.
- Ayala, A.J., Romero, B.H. (2013). Presencia de metales pesados (arsénico y mercurio) en leche de vaca al sur de Ecuador. *La Granja, Revista de Ciencias de la Vida. Ecuador*, 17(1): 36-43.
- Bhargava, A., Carmona, F.F., Bhargava, M., Srivastava, S. (2012). Approaches for enhanced phytoextraction of heavy metals *The Journal of Environmental Management*, 105:103-120.
- Castellanos, R.A.; Murguía, O.L.M. (2002). Comportamiento de la contaminación microbiológica en alimentos balanceados para rumiantes elaborados con pollinaza. *Rev. Biomédica*, 13 (3):171-177.
- Dai, S.Y., Jones, B., Lee, K.M., Li, W., Post, L., Herrman, T.J. (2016). Heavy metal contamination of animal feed in Texas. *Journal of Regulatory Science*, 01:21-32.
- Dong, Z.R., Chen, Y.D., Lin, X.Y., Zhang, Y.S., Ni, D.H. (2008). Investigation on the contents and fractionation of heavy metals in swine manures from intensive livestock farms in the suburb of Hangzhou. *Acta Agric. Zhejiangensis*. 20:35-39.
- Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C., Egwurugwu, J.N. (2007). Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of Physical Sciences*, 2:112-118.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2004). Código de prácticas para la prevención y reducción de la presencia de plomo en los alimentos. Disponible en [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspacfao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B56-2004%252FCXP\\_056e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/shproxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspacfao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B56-2004%252FCXP_056e.pdf) (07 enero 2022).
- Georgievskii, U.I., Ahnenkov, B.N., Samokhin, V.T. (1982). *Mineral Nutrition of Animals*. Butterworths. London, England.
- Giromini, C., Rebucci, R., Fusi, E., Rossi, L., Saccone, F., Baldi, A. (2016). Cytotoxicity, apoptosis, DNA damage and methylation in mammary and kidney epithelial cell lines exposed to ochratoxin. *Cell Biology and Toxicology*, 32:249-258.

- Govind, P., Madhuri, S. (2014). Heavy metals causing toxicity in animals and fishers. *Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences*, 2:17-23.
- Gupta, C.R.; Fact, D. (2007). *Veterinary Toxicology. Basic and Clinical Principles*. Academic Press. U.S.A. pp. 525.
- Hambidge, M. (2003). Biomarkers of trace mineral intake and status *The Journal of Nutrition*, 133:948-955.
- Hannz, S.G.L., Leyva, M. M.E. (1995). Determinación de los niveles de plomo en agua, suelo y pasto en áreas de pastoreo del Valle de Lerma, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FMVZ. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Jackson, B.P., Bertsch, P.M., Cabrera, M.L., Camberato, J.J., Seaman, J.C., Wood C.W. (2003). Trace element speciation in poultry litter. *J. Environ. Qual.* 32:535- 540.
- Jarup. L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68:167-182.
- Jiang, X.J., Dong, R.F., Zhao, R.M. (2011). Meat products and soil pollution caused by livestock and poultry feed additive in Liaoning, China. *J. Environ. Sci.* 23:S135-S137.
- Kochare, T., Tamir, B. (2015). Assessment of dairy feeds for heavy metals. *The American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, 11:20-31.
- Korish, M.A., Attia, Y.A. (2020). Evaluation of Heavy Metal Content in Feed, Litter, Meat, Meat Products, Liver, and Table Eggs of Chickens. *Animals*, 10:727.
- Li, Y.X., Li, W., Wu, J., Xu, L.C., Su, Q.H., Xiong, X. (2007). Contribution of additive Cu to its accumulation in pig feces: Study in Beijing and Fuxin of China. *J. Environ. Sci.* 19:610-615
- Li, Y.X., Xiong, X., Lin, C.Y., Zhang, F.S., Li, W., Han, W. (2010). Cadmium in animal production and its potential hazard on Beijing and Fuxin farmlands. *J. Hazard. Mater.* 177:475-480.
- Llobet, J.M., Falcó, G., Casas, C., Teixidó, A., Domingo, J.L. (2003). Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 838-842.

- López - Alonso, M. (2012). Trace minerals and livestock: not too much not too Little. *ISRN Veterinary Science*, 12:1-18.
- Martínez, M.L. (2008). La pollinaza como fuente de minerales para rumiantes. Santander de Q., Cauca, Colombia.
- Medardus, J.J., Molla, B.Z., Nicol, M., Morrow, M., Rajala-Schultz, P., Kazwala, R., Gebreyes, W.A. (2014). In-feed use of heavy metal micronutrients in U.S. swine production systems and its role in persistence of multidrug-resistant *Salmonellae*. *Applied and Environmental Microbiology*, 80:2317-2325.
- Montes de Oca, J.R.; Velázquez, O.V.; Pereyra, Ch. J.L. (1993). Valores hemáticos en bovinos lecheros de dos explotaciones de impacto ambiental en la laguna del Valle de Lerma, Estado de México. *Rev. Int. Cont. Ambient.*, 9 (1):31.
- Moral, R., Pérez-Murcia, M.D., Pérez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Paredes, C., Rufete B. (2008). Salinity, organic content, micronutrients and heavy metals in pig slurries from South-eastern Spain. *Waste Manag.* 28:367-371.
- Castellanos, R.A., Murguía, O.L.M. (2002). Comportamiento de la contaminación microbiológica en alimentos balanceados para rumiantes elaborados con pollinaza. *Rev. Biomédica*, 13: 171-177.
- Nicholson, F.A., Chambers, B.J., Williams, J.R., Unwin, R.J. (1999). Heavy metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. *Bioresour. Technol.* 70:23-31.
- Nicholson, F.A., Smith, S.R., Alloway, B.J., Carlton-Smith, C., Chambers, B.J. (2003). An inventory of heavy metals inputs to agricultural soils in England and Wales. *Science of the Total Environment*, 311:205-219.
- NOM-004-ZOO-1994. Control de residuos tóxicos en carne, grasa, hígado y riñón de bovinos, equinos, porcinos y ovinos. Límites máximos permisibles y procedimientos de muestreo. *Diario Oficial de la Federación, México, D.F.* 25 de abril de 2001.
- NOM-EM-013-ZOO-1996. (1996). Tratamiento, transporte, movilización, uso, almacenamiento y comercialización de la gallinaza y pollinaza. *Diario Oficial de la Federación, México, D.F.*
- NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Métodos de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua

- potable y agua purificada por espectrofotometría de absorción atómica. Diario Oficial de la Federación, México, D.F. 28 de abril de 2001.
- Ochoa, C.M.A., Urrutia, M.J. (2007). Uso de pollinaza y gallinaza en la alimentación de rumiantes. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. D.F.
- Pacheco, A.J.A., Rosciano, G.J.L., Villegas, C.W.A., Alcocer, V.M.N., Castellanos, R.A.F. (2003). Cuantificación del contenido de cobre y otros minerales en pollinazas producidas en el estado de Yucatán. *Téc. Pec. Méx.*, 41 (2):197-207.
- Pereyra, Ch. J.L. (1993). Efecto estacional y dinámica del plomo en dos explotaciones bovinas lecheras del Valle de Lerma, Estado de México. *Rev. Int. Cont. Ambient.*, 9 (1):34.
- Perkin Elmer. Co. (1982). *Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry*. Perkin Elmer Co. Connecticut, U.S.A.
- Polen, T., Voia, O.S. (2015). Copper effect of feed supplementation on growth performance in fattening pigs. *Journal of Animal Science*, 48:28-30.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*. 16 (2): 66-77.
- Rossi, L., Fusi, E., Boglioni, M., Giromini, C., Rebutti, R., Baldi, A. (2014a). Effect of Zinc oxide and Zinc chloride on human and swine intestinal epithelial cell lines. *International Journal of Health Animal Science and Food Safety*, 2:1-7.
- Rossi, L., Pinotti, L., Agazzi, A., Dell'Orto, V., Baldi, A. (2014b). Plant bioreactors for the antigenic hook-associated flgK protein expression. *Italian Journal of Animal Science*, 13:23-29.
- Rozenbland, E.F. (1994). Evaluación de los niveles de plomo en dos explotaciones bovinas lecheras bajo condiciones de estabulación con y sin impacto ambiental en el Estado de México. FMVZ. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Sager, M. (2007). Trace and nutrient elements in manure, dung and compost samples in Austria. *Soil Biol. Biochem.* 39:1383-1390.
- Shimada, M.A. (2003). *Nutrición Animal*. Trillas S.A. de C.V. México, D.F.

- Smith, D.R., Owens, P.R., Leytem, A.B., Warnemuende, E.A. (2007). Nutrient losses from manure and fertilizer applications as impacted by time to first runoff event. *Environ. Pollut.* 147:131-137.
- Steel, R.G. B. y Torrie, J.H. (1998). *Bioestadística principios y procedimientos*. Mc Graw Hill. 2ª ed. Colombia.
- Suleiman, N., Ibitoye, E.B., Jimoh, A.A., Sani, Z.A. (2015). Assessment of heavy metals in chicken feeds available in Sokoto, Nigeria. *Sokoto Journal of Veterinary Sciences*, 13:17-21.
- Toor, G.S., Haggard, B.E., Donoghue, A.M. (2007). Water extractable trace elements in poultry litters and granulated products. *J. Appl. Poult. Res.* 16:351-360.
- Underwood, E.J.; Suttle, N.F. (2002). *Los minerales en la nutrición del ganado*. 3a ed. Acribia, España.
- Valladares, C.B., Peña, B.S.D., Zamora, E.J.L., Velázquez, O.V., Ortega, S.C., Zaragoza, B.A., Rivero, P.N., García, M.O. (2014). Determinación de plomo en sangre de perros de la ciudad de Toluca, México. *Rev. Electron. Vet.* 15 (4):1-10. [http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n04\\_0414/041404.pdf](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n04_0414/041404.pdf)
- Valladares, C.B., Velázquez, O.V., Ortega, S.C., Zamora, E.J.L., Peña, B.S.D. (2015a). Sistemas de producción: bovinos para abasto. Aspectos e importancia para la calidad e inocuidad de la carne. *La crisis alimentaria y la salud en México*. Universidad Autónoma del Estado de México. pp. 177-137.
- Valladares, C.B., Ortega, S.C., Peña, B.S.D., Rosiles, M.R., Maya, S.EA. (2015b). Evaluación de la concentración hepática de plomo en bovinos sacrificados en el rastro municipal de Toluca, México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. 1 (1): 24-28.
- Valladares-Carranza, B., Bañuelos-Valenzuela, R., Peña-Betancourt, S.D., Velázquez-Ordoñez, V., Echavarría-Cháirez, F.G., Muro-Reyes, A., Ortega-Santana, C. (2015c). Riesgos a la salud por el uso de clorhidrato de clenbuterol: una revisión. *Rev Med Vet.* 30:139-49.
- Valladares, C.B., Ortega, S.C., Bedolla, C.C., Velázquez, O.V., Zamora, E.J.L., Pérez, S.L. (2019). Metales tóxicos de importancia en la acuicultura. En: *Producción animal y factores de riesgo ambiental en las instalaciones, su influencia en el bienestar animal*. Papiro Omega, S.A. de C.V. pp. 49-61. ISBN:978-607-7852-41-4

- Valladares, C.B., Velázquez, O.V., Ortega, S.C. Bedolla, C.C., Zaragoza, B.A., Rivero, P.N., Mancera, C.G. (2022). Selênio. Um micronutriente essencial na produção de ovinos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 5(2):1496-1516.
- Walk, C.L., Wilcock, P., Magowan, E. (2015). Evaluation of the effects of pharmacological zinc oxide and phosphorus source on weaned piglet growth performance, plasma minerals and mineral digestibility. *Animal*, 9:1145-1152.
- Wang, H., Dong, Y., Yang, Y.S., Toor, G., Zhang, X. (2013). Changes in heavy metal contents in animal feeds and manures in an intensive animal production region of China. *Journal of Environmental Sciences*, 25:2435-2442.
- Wayne, W.D. (2000). *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. U. T. E. H. A., Noriega Editores. México.
- Williams, Ch.M. (1999). *Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Yao, L.X., Li, G.L., Dang, Z. (2006). Major chemical components of poultry and livestock manures under intensive breeding. *Chin. J. Appl. Ecology*. 17:1989-1992.