

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE CLEMBUTEROL  
EN CARNE BOVINA COMERCIALIZADA EN MERCADOS  
MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

**MARVIN JOSUE ORDOÑEZ RODAS**

**Médico Veterinario**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA**



**DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE CLEMBUTEROL EN  
CARNE BOVINA COMERCIALIZADA EN MERCADOS  
MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD**

**POR**

**MARVIN JOSUE ORDOÑEZ RODAS**

Al conferírsele el título profesional de

**Médico Veterinario**

En el grado de Licenciado

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2023**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**JUNTA DIRECTIVA**

DECANO:	M.A. Rodolfo Chang Shum
SECRETARIO:	M.Sc. Lucrecia Emperatriz Motta Rodríguez
VOCAL I:	M.Sc. Juan José Prem González
VOCAL II:	Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III:	M.V. Edwin Rigoberto Herrera Villatoro
VOCAL IV:	Br. Cesar Francisco Monzón Castellanos
VOCAL V:	P. Agr. Jorge Pablo Rosales Roca

**ASESORES**

M.A. JAIME ROLANDO MÉNDEZ SOSA  
M.SC. LUCERO SERRANO ARRIAZA

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

### **DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE CLEMBUTEROL EN CARNE BOVINA COMERCIALIZADA EN MERCADOS MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

**MÉDICO VETERINARIO**

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- A MIS PADRES:** Marvin Ordoñez y Maritza Rodas, por amarme, dedicarme su tiempo y por brindarme la mejor educación que estaba en sus manos.
- A MIS PROFESORES:** Expreso mi gratitud a los supervisores de esta Investigación, por dedicarme su tiempo y paciencia en especial a mis asesores M.Sc. Lucero Serrano y M.A. Jaime Méndez.
- A MIS AMIGOS:** Por todos los buenos momentos, alegrías y fiestas que pasamos juntos en especial a Oscar, Walter, Santiago y Andreas ya que sin ellos mi tiempo en la facultad no hubiese sido el mismo. Gracias por darme muchos lindos recuerdos.
- A MI MEJOR AMIGA:** Rosa Badalamenti por demostrarme su amor, apoyo incondicional y por estar a mi lado en todo momento, donde también se ve reflejada inspirándome a concluir esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A LA UNIVERSIDAD: Por ser mi casa de estudios y darme la oportunidad de cumplir esta meta.

A LARRSA: Por permitirme utilizar sus instalaciones para la elaboración de esta tesis.

A LA FACULTAD: Muchas gracias a todos los catedráticos y trabajadores, por su profesionalismo enseñanzas y cariño.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	Hipótesis .....	3
III.	OBJETIVOS .....	4
3.1.	Objetivo general.....	4
3.2.	Objetivos específicos .....	4
IV.	REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
4.1.	Clembuterol .....	5
4.1.1.	Características químicas .....	6
4.1.2.	Características físicas .....	7
4.1.3.	Características farmacológicas .....	7
4.1.4.	Usos y efectos secundarios .....	9
4.1.5.	Uso veterinario y sus efectos secundarios.....	9
4.2.	El clembuterol como promotor de crecimiento del ganado bovino .....	10
4.3.	Diagnóstico y síntomas de intoxicación por clembuterol debido al consumo de carne bovina .....	11
4.4.	Regulación del uso del clembuterol .....	12
4.4.1.	Regulación a nivel internacional .....	12
4.4.2.	Clembuterol en Guatemala .....	13
4.5.	Método Ridascreen para detención de clembuterol .....	14
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
5.1.	Materiales .....	15
5.1.1.	Recursos humanos .....	15
5.1.2.	Recursos biológicos .....	15
5.1.3.	Recursos de campo .....	15
5.1.4.	Recursos de laboratorio .....	15
5.2.	Metodología .....	16
5.2.1.	Localización de estudio .....	16
5.2.2.	Diseño de estudio .....	16

5.2.3.	Población y muestra.....	16
5.2.4.	Procedimiento de campo .....	17
5.2.5.	Procedimiento de laboratorio .....	17
5.2.6.	Lectura de resultados.....	19
5.2.7.	Interpretación de los resultados .....	19
5.2.8.	Análisis estadístico.....	19
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	20
VII.	CONCLUSIONES .....	25
VIII.	RECOMENDACIONES.....	26
IX.	RESUMEN.....	27
	SUMMARY.....	28
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
XI.	ANEXOS .....	31

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Efectos del clenbuterol en el rendimiento y características del canal de bovinos de engorda .....	11
Cuadro 2. Síntomas de intoxicación por clenbuterol.....	12
Cuadro 3. Muestras positivas a clenbuterol en carne del ganado bovino .....	21
Cuadro 4. Concentración de clenbuterol detectado por municipio.....	21
Cuadro 5. Casos positivos a residuos de clenbuterol por sector.....	23
Cuadro 6. Clenbuterol en muestras de carne bovina por municipio afectado ....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química del clenbuterol .....	6
Figura 2. Distribución por municipio .....	24
Figura 3. Concentración de clenbuterol en el municipio La Unión.....	33
Figura 4. Concentración de clenbuterol en el municipio Gualán.....	34
Figura 5. Concentración de clenbuterol en el municipio Zacapa.....	35
Figura 6. Concentración de clenbuterol en el municipio Rio Hondo.....	35
Figura 7. Concentración de clenbuterol en el municipio Cabañas.....	36
Figura 8. Concentración de clenbuterol en el municipio Huite.....	36
Figura 9. Concentración de clenbuterol en el municipio San Diego.....	37
Figura 10. Concentración de clenbuterol en el municipio Teculután.....	38
Figura 11. Concentración de clenbuterol en el municipio Usumatlán.....	39
Figura 12. Concentración de clenbuterol en el municipio Estanzuela.....	40

## I. INTRODUCCIÓN

El clenbuterol es un fármaco perteneciente al grupo de los B<sub>2</sub> adrenérgicos, que en forma prolongada actúa como estimulante para la creación de proteínas y reduce la producción de grasa en algunas especies de animales. Esto causa que se acelere la producción de carne bovina en un periodo corto y reduciendo recursos. Esta característica la hace una sustancia de uso común en la ganadería, aun cuando la Autoridad Oficial la prohíbe.

Internacionalmente, el clenbuterol se utiliza para mejorar el rendimiento en peso de bovinos de engorde en pie y en canal. Es comúnmente utilizado en los bovinos administrándose a dosis altas, aunque potencialmente peligroso para el consumo humano. Este medicamento representa un riesgo a la Salud Pública debido a sus efectos sobre el sistema cardiovascular. En humanos es utilizado principalmente para tratamiento del sistema respiratorio a nivel del árbol bronquial, empleándose como broncodilatador a dosis bajas y tiene efectos cardiovasculares ya que se puede utilizar en bloqueos cardiacos. El clorhidrato clenbuterol tiene efectos secundarios como taquicardia, hipertensión arterial, aumento de la temperatura, intranquilidad, sudoración profusa, xerostomía, calambres, etc. Entre las complicaciones graves están, reducción de la eficiencia del corazón, arritmias, ictus e incluso puede provocar muerte súbita.

Es utilizado como fármaco para aumentar la masa muscular del animal, aunque es contraproducente ya que ocasiona intoxicaciones agudas y daños en órganos importantes, además de convertir la carne en un producto no inocuo para el consumidor.

El uso del clenbuterol para la aceleración de la masa muscular en los animales; no está aprobado en Europa, Estados Unidos y países latinoamericanos como México y Guatemala, esta sustancia ha sido prohibida por las altas incidencias de intoxicaciones debido al consumo de hígado contaminado. Por lo que estados

Europeos y la FDA (U.S. Food and Drug Administration) aprobaron su uso solo para el tratamiento de enfermedades respiratorias en los équidos.

A nivel internacional se autoriza tomar muestras en el momento que sea requerido, esto con el fin de mejorar el control de la producción de carne y mejorar la calidad para el consumo humano.

Guatemala es un país que se dedica ampliamente a la ganadería, su alta demanda ha hecho que se utilice el clenbuterol para el aumento de la masa muscular en los bovinos. Esto ha creado que este fármaco sea popularizado dentro del ambiente ganadero; a nivel nacional no hay suficiente información sobre el uso de este fármaco para el engorde bovino. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) estableció el acuerdo ministerial 821-2007 donde indica la “prohibición, uso y comercialización del clenbuterol” en todas las presentaciones existentes principalmente en el ramo pecuario. En los mercados municipales del departamento de Zacapa se desconoce la trazabilidad de la carne bovina que se comercializa en los puntos de venta.

Es por esto, que el fin de esta investigación fue determinar la presencia de clenbuterol en la carne bovina destinada al consumo humano, debido a que es un anabólico que pone en riesgo la salud de los consumidores. Para poder cumplir con ello se realizó un trabajo de campo en donde se recolectaron muestras de carne bovina y se analizaron con el método ELISA (Inmunoensayo enzimático competitivo) RIDASCREEN® para determinar la existencia y cantidad de clenbuterol en las diferentes muestras.

## **II. Hipótesis**

Existe presencia de clenbuterol en la carne bovina que se comercializa en los mercados municipales de Zacapa.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

- Generar información sobre la presencia de clenbuterol en la carne bovina que se expende en el departamento de Zacapa.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Determinar la presencia de clenbuterol en la carne bovina comercializada en los mercados municipales de Zacapa destinada para el consumo humano.
- Determinar los niveles de clenbuterol en la carne bovina que se comercializa en el departamento de Zacapa mediante un inmunoensayo enzimático competitivo.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Clembuterol

El clembuterol es un fármaco perteneciente al grupo de los B2 adrenérgicos. Su uso de forma prolongada actúa como estimulante para la creación de proteínas y reduce la producción de grasa en algunas especies de animales. Esto causa que se acelere la producción en un menor tiempo y sin uso de muchos recursos. Esta característica lo hace una sustancia de uso común pero ilegal dentro de la ganadería (Olivares, Quiroz, Rojas, Camacho, & Cipriano, 2015).

Uno de los principales problemas de uso innecesario es el riesgo que causa para la salud del ser humano al ser consumida la carne contaminada de animales que fueron expuestos a esta sustancia. Esto daña al sistema cardiovascular y músculo esquelético principalmente, el ser humano suele presentar síntomas como, ansiedad, taquicardia, temblores, prurito, mialgias, náuseas, nerviosismo, diarrea, fiebre, cefalea, mareos, astenia, vómito, dolor retro ocular e hipertensión. Además, algunos estudios señalan que puede aparecer hipopotasemia, hipomagnesemia, e hipofosfatemia, leucopenia e hiperglicemia en animales y humanos (Flores, 2010).

Los primeros casos de Intoxicación Alimentaria por Clembuterol (IAC) fueron dados en octubre de 1989 y julio de 1990 en Francia y España, 135 casos se registraron. España entre los años 1989 y 2000 fueron reportados 809 casos. De igual manera en Italia en el año 1996, entre el 25 y 28 de agosto, se atendieron 62 personas en 2 hospitales por IAC las edades de los pacientes presentaban una media de 30 años mostrando un perfil clínico con taquicardia y nerviosismo (91%), temores (88%), síntomas gastrointestinales (65%), vértigo (42%), mialgias y artralgias (20%), cefalea (18%). En algunos casos el electrocardiograma mostraba taquicardia sinusal con extrasístoles supra ventriculares y ventriculares.

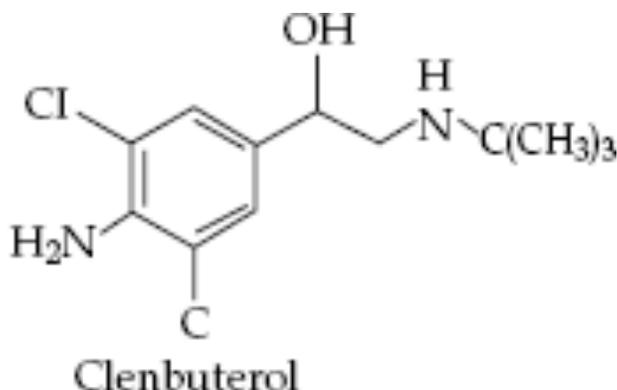
En México durante los años 2002 a 2007 se reportó un promedio de 220 casos por IAC. En el 2007 hubo un aumento de 555 casos teniendo una incidencia de 0.53

casos por cada 100,000 habitantes, sin embargo, en el año 2011 este número descendió a 110 casos, siendo una tasa de incidencia de 0.1 casos por cada 100,000 habitantes (Secretaria de Salud de México, 2012).

#### 4.1.1. Características químicas

Pertenece a las fenetanolaminas, fármaco que requiere de un anillo aromático mas grupo hidroxilo en la posición B de su grupo alifático para generar actividad. Estos compuestos son comunes en las fenotolaminas-B-agonistas. El clenbuterol estructuralmente es muy similar a las catecolaminas por lo que es capaz de hacer interacciones con los diferentes receptores adrenérgicos principalmente los receptores B2 (Flores, 2010).

**Figura 1.** Estructura química del Clenbuterol



**Nota:** Flores (2010) Estructura del clenbuterol. Obtenido de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7945/DANIEL%20FLORES%20AYALA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

La estructura química es muy similar a la adrenalina y noradrenalina. El peso molecular del clenbuterol es 313.65 y alcanza un punto de fusión entre 170-176°C esta sustancia es altamente soluble en metanol, agua y etanol e insoluble en benceno (Chávez, 2017).

#### **4.1.2. Características físicas**

El clenbuterol tiene una apariencia física que va desde un polvo micro cristalino sin color, hasta un polvo blanco o amarillo, pero esto depende del proveedor del fármaco (Heitzman, 1997).

#### **4.1.3. Características farmacológicas**

Es un fármaco que presenta propiedades adrenérgicas, es decir, actúa y produce efectos similares a las catecolaminas. Es una sustancia que funciona como simpaticomimético de manera selectiva ante los receptores B2, aunque también tiene efectos en menor medida sobre receptores B1. Sus efectos son de larga duración y con mayor potencia en comparación a la epinefrina y salbutamol. Su uso causa estimulación en el sistema nervioso central (SNC) y aumenta la capacidad aeróbica, esto produce un aumento de la presión arterial y también aumenta el transporte de oxígeno (Chávez, 2017).

En humanos su farmacocinética se caracteriza por tener vida media plasmática de 36 horas y una eliminación por vía renal. Este es un fármaco que se une a las proteínas plasmáticas lo que le confiere una biodisponibilidad del 80% (Bazo et al., 2013).

##### **4.1.3.1. Absorción**

La absorción de este fármaco depende de factores como la vía de administración. Si se administra por vía oral sus niveles plasmáticos máximos se alcanzan dentro de las primeras 3 horas post-administración. Sin embargo, si es administrado por vía intramuscular o subcutánea la absorción alcanza una vida media máxima dentro de 15-30 minutos con vida media de 35 horas (Valencia, 2019).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) junto con la OMS, determinó que la concentración máxima del clenbuterol se alcanza entre las 16 a 105 horas post exposición en el caso del uso veterinario (Chávez, 2017).

#### **4.1.3.2. Distribución**

Se distribuye en la mayoría de los tejidos del organismo, esto se debe a la amplia presencia o elevada concentración de receptores B-adrenérgicos. En el tejido del ganado bovino los niveles de residuos de clenbuterol se encuentran principalmente en ojo, hígado, pulmón, riñones, músculo y grasa (Valencia, 2019).

#### **4.1.3.3. Metabolización**

El metabolismo del clenbuterol es diferente entre especies, sin embargo, el principal residuo es el clenbuterol no metabolizado, este se encuentra en orina e hígado del ganado bovino, además se han identificado cantidades moderadas de ácido 4-amino-3,5-diclorobenzoico y ácido 4-amino-3,5-diclorohipúrico. El metabolismo del clenbuterol está relacionado con la cantidad tisular de adenosín monofosfato cíclico (AMPc) que se encuentra a nivel del hígado y músculo. Esto causa el aumento de movilización de ácidos grasos lo que forma ácido láctico en sangre, músculo e hígado. El efecto del clenbuterol sobre el tejido adiposo es aumento del AMPc lo que causa activación de proteína Quinasa A, esta fosforila la hormona sensible a la lipasa y destruye los lípidos en ácidos grasos (lipólisis). Provoca un aumento del catabolismo de las grasas y reducción en la lipogénesis en el adiposo. Esto como reacción final tiene una disminución del depósito de grasa (Chávez, 2017).

A nivel muscular el clenbuterol aumenta la disponibilidad de aminoácidos y de energía, esto causa un aumento de la síntesis y retención de proteínas, esto incrementa la cantidad de fibras musculares, es decir, hipertrofia muscular. Por lo anterior es que su uso se haya diseminado ya que causa hipertrofia muscular del cuarto trasero del animal (Chávez, 2017).

#### **4.1.3.4. Eliminación**

Del 50 al 85% del clenbuterol tiene eliminación renal, por lo que su principal mecanismo de eliminación es la orina, también puede eliminarse por heces y leche de vaca. No existen estudios sobre si todos los residuos del clenbuterol son excretados en su totalidad, algunos autores aseguran que muchos de los residuos

quedan en la circulación entero hepática y que serán convertidos de nuevo en clenbuterol en el intestino del humano (Chávez, 2017).

#### **4.1.4. Usos y efectos secundarios**

Internacionalmente se utiliza para mejorar el rendimiento de una variedad de especies animales. Es comúnmente usado en los bovinos administrado a dosis altas. Este medicamento representa un riesgo a la salud pública debido a sus efectos sobre el sistema cardiovascular (Sumano et al., 2002).

En humanos es utilizado principalmente para tratamiento a nivel del árbol bronquial, en algunas ocasiones es utilizado como “dopante” en personas que se consideran atletas. Tiene efectos cardiovasculares por lo que se puede utilizar en bloqueos cardíacos. Debido a su capacidad de relajar el músculo liso también es usado como tocolítico en las últimas semanas de gestación. Como todo fármaco, el clenbuterol tiene efectos secundarios como taquicardia, hipertensión arterial, aumento de la temperatura, intranquilidad, sudoración profusa, xerostomía, calambres, etc. Entre las complicaciones graves están, reducción de la eficiencia del corazón, arritmias, ictus e incluso puede provocar muerte súbita por el agrandamiento de la aorta (Choo, Horan, Little, & Rothwell, 1992).

#### **4.1.5. Uso veterinario y sus efectos secundarios**

Su uso principal en caballos es como broncodilatador en el tratamiento de alergias. En la ganadería bovina se usa de forma ilegal por sus propiedades de aumento de peso, es decir, por sus efectos anabolizantes que “engorda” al ganado (Flores, 2006).

El uso de clenbuterol puede causar alteraciones en la función pulmonar y cardíaca de los humanos que consumen la carne animal cuando la dosis es superior a 40 a 60 mcg/día con una dosis máxima de 150 mcg/día administrada al animal (Valladares-Carranza et al., 2015).

Es usado como tocolítico en yeguas y vacas en dosis de 0.8 g/kg, aunque es contraproducente ya que ocasiona intoxicaciones agudas sobre los animales y

daños en órganos importantes, además de convertir la carne en un producto no inocuo (Sumano et al., 2002).

#### **4.2. El clenbuterol como promotor de crecimiento del ganado bovino**

El clenbuterol forma parte de las sustancias promotoras de crecimiento, es decir, aquellas sustancias que se añaden y que no son esenciales para su funcionamiento pero que mejora la función biológica del mismo. En sí el funcionamiento se basa en el aumento de la masa muscular y reducción de los depósitos de grasa, lo que aumenta la producción de carne magra esto aumenta la producción de carne y compensa la demanda de la carne dentro del mercado, esto genera competitividad dentro del negocio de la venta de carnes con lo que se aumenta por mucho la rentabilidad (Valencia, 2019).

Debido a la inhibición de proteólisis y disminución de la deposición de la grasa corporal, existe un mayor porcentaje de carne magra en un 40%. Esto se traduce en mayor ganancia económica para las personas que se dedican a la ganadería. Debe tomarse en cuenta que la reducción de la grasa dentro del musculo causa endurecimiento del mismo. Además, existe un oscurecimiento de los cortes, esto se debe a la reducida cantidad de mioglobina oxigenada. Esto produce carne oscura, dura y de baja jugosidad (Chávez, 2017).

**Cuadro 1. Efectos del clenbuterol en el rendimiento y características del canal de bovinos de engorda**

B-adrenérgico	Raza	Peso (Kg)	Días de exposición	Dosis (ppm)	Rendimiento en canal	Grasa	Área ojo de costilla (cm <sup>2</sup> )	Dureza (W-B) Kg
Clenbuterol	Herford	350	98	0.0	63.5%	35.9%	79.6	-----
Clenbuterol	Herford	350	98	0.8	64.5%	28.7%	88.1	-----
Clenbuterol	Angus	300	50	0.0	59.6%	-----	62.8	5.9
Clenbuterol	Angus	300	50	0.7	60.1%	-----	80.6	7.0
Cimaterol	Belgian White	372	127	0	65.2%	19.1%	139.0	-----
Cimaterol	Belgian White	372	127	4	69.0%	15.2%	148.3	-----
Cimaterol	Belgian White	412	108	0	66.1%	20.6%	148.7	-----
Cimaterol	Belgian White	412	108	4	67.5%	15.4%	155.9	-----
Cimaterol	Belgian White	542	136	0	71.0%	12.2%	-----	-----
Cimaterol	Belgian White	542	136	6	72.9%	8.2%	-----	-----

**Nota:** Flores (2010). Efectos del clenbuterol y cimateril en rendimiento de bovinos de engorda. Obtenido de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7945/DANIEL%20FLORES%20AYALA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

#### **4.3. Diagnóstico y síntomas de intoxicación por clenbuterol debido al consumo de carne bovina**

Los signos y síntomas de una intoxicación por clenbuterol se presentan 6 horas posterior al consumo de carne bovina y se caracteriza por taquicardia, ansiedad, temblores, náuseas, dolor abdominal, fiebre, cefalea, astenia, xerostomía, hipertensión, etc. Si la concentración ingerida es mayor a 3 mcg/kg estos síntomas pueden presentarse dentro de los primeros 10 minutos post-ingestión. La manifestación clínica suele durar entre 90 minutos o incluso hasta 6 días. Como protocolo de diagnóstico debe realizarse una glicemia plasmática y glucosa en orina, así como un hemograma completo para su confirmación. Para el tratamiento se

administra  $\beta$ -bloqueadores asociado a cloruro de potasio si llegara a existir hipocalemia, lo que evita o revierte las arritmias graves (Chávez, 2017).

**Cuadro 2.** Síntomas de intoxicación por clenbuterol

Síntoma	Frecuencia	Porcentaje
Temblores	123	91
Taquicardia	105	78
Nerviosismo	87	64
Cefaleas	71	53
Mialgias generalizadas	56	41
Mialgias peri orbitales	46	34
Mareos	13	10
Nauseas	25	19
Vómitos	16	12
Astenia	22	16
Fiebre	11	8
Escalofríos	10	7

**Nota:** Flores (2010) Síntomas de la intoxicación por consumo de hígado con clenbuterol. Obtenido de: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7945/DANIEL%20FLORES%20AYALA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

#### 4.4. Regulación del uso del clenbuterol

La distribución de alimentos está estrictamente regulada con el fin de asegurar al consumidor en cuanto a salud y seguridad de la compra y consumo de carne sin residuos de antibióticos o promotores de crecimiento del ganado. Su uso ilegal en terneras ha provocado intoxicación en aquellos humanos que consumen tejido contaminado (Chris, 2009).

##### 4.4.1. Regulación a nivel internacional

El uso del clenbuterol para la aceleración del crecimiento de animales no está aprobado en Europa, Estados Unidos y algunos otros países, esta sustancia ha sido prohibida por las altas incidencias de intoxicaciones debido al consumo de hígado contaminado. Por lo que estados europeos y la FDA aprobó su uso solo para el tratamiento de enfermedades respiratorias en los équidos. A nivel internacional se autoriza tomar muestras en el momento que sea requerido, esto con el fin de

mejorar el control de la producción de carne y mejorar la calidad para el consumo humano (Jones et al., 2004).

#### **4.4.2. Clembuterol en Guatemala**

Su alta demanda ha hecho que se utilice el clembuterol para el aumento de la masa muscular en los bovinos. Esto ha creado que este fármaco sea popularizado dentro del ambiente ganadero. A nivel nacional no hay suficiente información sobre el uso de este fármaco para el engorde bovino, aunque legalmente está prohibido, no es de esperarse que se use habitualmente para cubrir la demanda de producto.

Dando origen a problemas como la falta de la garantía de inocuidad en productos de carne bovina, dificultad para competir contra productores que utilizan el anabolizante del clorhidrato de clembuterol sin responsabilidad social, la falta de fiscalización, trazabilidad de la carne bovina destinada al consumo humano y los problemas a la salud que pudieran causar a los consumidores debido a la falta de información sobre la calidad de los productos de carne bovina.

En el oriente de Guatemala una de las principales actividades productivas en el ramo agropecuario es la ganadería bovina por sus costumbres familiares, las condiciones ambientales son favorables y geográficamente es un punto fronterizo con Honduras y El Salvador, siendo utilizados para el comercio de animales en pie y en canal (Linares & Miranda, 2020).

En el año 2017 se realizó una investigación para la detección de niveles de clembuterol en carne bovina que se comercializa en los mercados municipales de Suchitepéquez. Los resultados de dicha investigación reflejaron que un 42,5% de las muestras tomadas fueron positivas con una concentración media de 1,879 µg/kg. En el mismo estudio se encontró que el 52.94% de las muestras contaminadas con clembuterol, provenían de animales criados en el departamento de Petén (Chávez, 2017).

En un estudio más reciente que se realizó en la cabecera de Chiquimula, sobre la presencia de clembuterol en la carne bovina comercializada en mercados

municipales y comercios externos de ese departamento. Se encontró que el 51,72% de las muestras fueron positivas a la presencia de clenbuterol con una concentración promedio de 0,596 µg/kg, donde el 100% de las muestras tomadas de los mercados municipales fueron positivas a la presencia de clenbuterol.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) estableció un acuerdo ministerial 821-2007 donde indica la “prohibición, uso y comercialización del clenbuterol” en todas las presentaciones existentes principalmente en el ramo pecuario (Linares & Miranda, 2020).

#### **4.5. Método Ridascreen para detención de clenbuterol**

Es una técnica de inmunoensayo enzimático que se usa para analizar de manera cuantitativa el clenbuterol en orina, carne, hígado y tejidos. Este kit tiene la capacidad de realizar 96 pruebas y necesita de un espectrofotómetro con placa de microtitulación para realizar la cuantificación. La especificidad de esta prueba es de 100% para el clenbuterol (R-Biopharm, 2019).

El principio de este método se basa en la relación antígeno-anticuerpo. Los pocillos están recubiertos con anticuerpos de captura contra los anticuerpos anti clenbuterol. Estos se unen e inmovilizan. Luego del tiempo de incubación y lavado debe añadirse los estándares o la muestra, además, de agregar el conjugado de clenbuterol a los pocillos (R-Biopharm, 2019).

Tanto el clenbuterol conjugado como el libre van a competir por los sitios de unión, es decir, inmunoensayo enzimático competitivo. Posterior a ello se elimina los conjugados que no se hayan unido y se agrega solución de sustrato/cromógeno al pocillo y como resultado se convierte en un producto de color azul a amarillo y se mide mediante fotometría a 450nm. La concentración de clenbuterol será inversamente proporcional a la absorbancia de la muestra (R-Biopharm, 2019).

## **V. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. Recursos humanos**

- Asesores de investigación
- Estudiante investigador

#### **5.1.2. Recursos biológicos**

- 200 gramos de carne de ganado bovino por cada expendio

#### **5.1.3. Recursos de campo**

- Libreta de campo
- Marcador
- Bolsas Zip Lock
- Equipo de oficina
- Vehículo
- Hielera

#### **5.1.4. Recursos de laboratorio**

- Kit RIDASCREEN® Clembuterol
- Curva de calibración
- Espectrofotómetro (450nm)
- Recipientes de microtitulación
- Mezclador
- Pipetas graduadas
- Vibradora - agitador de placas
- Centrifuga
- Viales para uso en centrifuga
- Micropipetas automáticas 20  $\mu$ l – 200  $\mu$ l
- Micropipetas automáticas 200  $\mu$ l – 1000  $\mu$ l
- Puntas para las micropipetas

- Evaporador
- Agitador vortex
- Papel mayordomo (absorbente)
- Lavador automático de placas

## **5.2. Metodología**

### **5.2.1. Localización de estudio**

El presente estudio se realizó en la totalidad de expendios de carne bovina de los mercados municipales del departamento de Zacapa.

### **5.2.2. Diseño de estudio**

Descriptivo de corte transversal.

### **5.2.3. Población y muestra**

Se realizó un muestreo de la totalidad de expendios de carne bovina en los mercados municipales del departamento de Zacapa. Se adquirieron 200 gramos de carne de ganado bovino por cada uno.

Distribuidas de la siguiente manera:

- Zacapa: 6
- Estanzuela: 1
- Cabañas: 4
- La Unión: 9
- San Jorge: 0
- Huite: 2
- Gualán: 6
- Rio hondo: 3
- San Diego: 2
- Usumatlán: 1
- Teculután: 6

#### **5.2.4. Procedimiento de campo**

De la muestra de músculo estriado de ganado bovino de los diferentes expendios de carne, se realizó el siguiente procedimiento:

- Toma del tejido en los expendios de los mercados municipales del departamento de Zacapa.
- Refrigeración e identificación de muestra.
- Traslado al laboratorio LARRSA edificio M10, USAC.

#### **5.2.5. Procedimiento de laboratorio**

Para este procedimiento se utilizó el Kit RIDASCREEN Clembuterol R1711 el cual consiste en un inmunoensayo enzimático competitivo (R-Biopharm, 2019).

- **Preparación de muestras**

1. Todas las muestras fueron almacenadas en un lugar fresco.
2. Se pesaron 2 gramos de cada una de las muestras.
3. Utilizando un matraz y un mortero se procedió a homogenizar la muestra hasta obtener una masa pastosa.
4. Homogenizada la muestra se colocó en un vial de centrifugación.
5. Se agregaron 6 ml de acetonitrilo en el vial de centrifuga con la muestra, luego se colocó en el vortex por 10 segundos.
6. Se agitaron los viales de arriba hacia abajo durante 15 minutos.
7. Se procedió a centrifugar la muestra por 10 minutos/3000 gravedades / 20-25°C.
8. 4 ml del sobrenadante fueron transferidos a un nuevo vial de vidrio para evaporar y realizar el secado completo de la muestra bajo una corriente débil de aire a 60°C.
9. Una vez seca la muestra, se reconstituyó el residuo con 2ml del buffer de lavado.

- **Preparación de la prueba**

1. Todo el proceso se realizó en un cuarto con temperatura de 20-25 °C.
2. Para el tampón de lavado, incluido en el kit, se disolvió el contenido del sobre en un litro de agua destilada, estando listo para su utilización. El tampón tiene una vida útil de 4-6 semanas a una temperatura de 4-8 °C.
3. Se insertó el suficiente número de pocillos a utilizar, incluyendo los estándares y se identificó la posición de los mismos.

- **Proceso para el diagnóstico en carne bovina**

1. 50µl de la muestra preparada fueron colocados en el pocillo de ensayo.
2. Se dejó incubar las muestras preparadas durante 30 min en oscuridad a una temperatura de 20-25 °C.
3. Se vertió el líquido de los pocillos y se golpearon boca abajo 3 veces sobre papel absorbente.
4. Se llenaron los pocillos con 250µl del tampón de lavado y se vertió el líquido nuevamente. Repitiendo este paso 2 veces más.
5. 50µl del conjugado fueron agregados (incluido en el kit) en cada pocillo, se sacudió manualmente de manera gentil y se dejó incubar en oscuridad durante 15 min a una temperatura de 20-25 °C.
6. Se vertió el líquido de los pocillos y se agitaron vigorosamente boca abajo tres veces sobre papel absorbente.
7. Se llenaron los pocillos con 250µl del tampón de lavado y se vertió el líquido nuevamente. Repitiendo este paso dos veces más.
8. Fueron agregados 100µl del sustrato/cromógeno (incluido en el kit) a cada pocillo, se sacudieron gentilmente de manera manual y se dejó incubar en oscuridad durante 15 minutos a una temperatura de 20-25 °C.
9. Se agregaron 100µl de solución de parada a cada pocillo, se sacudió vigorosamente de manera manual y se midió la absorbancia a 450nm en el espectrofotómetro. Se leyeron las muestras dentro los primeros 15 minutos después de haber añadido la solución de parada.

### **5.2.6. Lectura de resultados**

Al finalizar se procedió con la interpretación de resultados mediante la lectura de la densidad óptica determinada por el espectrofotómetro.

### **5.2.7. Interpretación de los resultados**

La interpretación de los resultados se realizó de la siguiente forma:

$$\frac{\text{estándar de absorbancia (o muestra)}}{\text{estándar de absorbancia cero}} \times 100 = \% \text{ de absorbancia}$$

El patrón resultante se igualó al 100% y los resultados de absorbancia se expresaron en porcentajes. Los valores estándar se ingresaron en un sistema de papel cuadriculado con coordenadas semi-logaritmico contra la concentración del clembuterol medica en ng/L. La curva estándar para obtener los resultados finales fue proporcionada por el proveedor dentro del Certificado de Garantía de Calidad, incluido en el kit de prueba.

Para la obtención de la concentración real del clembuterol, la concentración resultante en la curva de calibración se multiplicó por el factor de dilución utilizado y recomendado para carne que en este caso fue 2.

### **5.2.8. Análisis estadístico**

Se utilizaron estadísticas descriptivas para resumir la información y los resultados se presentan en cuadros y figuras.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos que se obtuvieron como resultados fueron tabulados y ordenados en una base de datos en un formato Excel.

### 6.1. Resultados generales: niveles de clenbuterol en carne del ganado bovino

De las muestras cárnicas analizadas (40) a través del Kit RIDASCREEN® para determinar Clenbuterol, el 42.50% (17) de las mismas fueron positivas (cuadro 3). De los cuales el 70.59%, de las muestras positivas, sobrepasaron el límite máximo de concentración a detectar por el kit RIDASCREEN® Clenbuterol (2.7 µg/kg).

En ese contexto el parámetro de muestras positivas en este estudio fue menor al 51.72% de muestras positivas obtenidas por Linares & Miranda (2020) en la cabecera de Chiquimula en 28 muestras tomadas de las carnicerías en los mercados y comercios externos. De igual manera Chávez (2017) encontró la presencia de clenbuterol en tejido muscular bovino en los mercados municipales de Suchitepéquez, donde reportó de igual manera un 42.50% de positividad entre las 40 muestras tomadas.

Debido a que el departamento de Zacapa no es el mayor productor de carne bovina en Guatemala, es posible que la mayor parte de las muestras provinieran de ganado bovino criado en el departamento de Petén, ya que los resultados de las muestras positivas son iguales a los obtenidos por Chávez (2017) quien reportó que el 52,94% de los casos positivos y de mayor contaminación con clenbuterol provenían de animales criados en el departamento de Petén.

Esto pudiera indicar que tanto en el oriente como en el occidente de Guatemala se comercializa ganado contaminado con clenbuterol proveniente de bovinos criados en el departamento de Petén.

De igual manera los animales comercializados en el oriente de Guatemala podrían venir contaminados con clenbuterol desde El Salvador y/o Honduras,

debido a que es un punto trifronterizo para la comercialización de animales en pie y en canal.

**Cuadro 3.** Muestras positivas a clembuterol en carne del ganado bovino

Positivas	%	Negativas	%	Total
17	42.50%	23	57.50%	40 (100%)

**Cuadro 4.** Concentración de Clembuterol detectado por municipio

Muestra	Detección de clembuterol	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	Ubicación de muestras
T1	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	La Unión
T2	Negativo	-	
T3	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T4	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T5	Negativo	-	
T6	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T7	Positivo	0.575 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T8	Negativo	-	
T9	Positivo	1.83 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T10	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Gualán
T11	Negativo	-	
T12	Negativo	-	
T13	Negativo	-	
T14	Negativo	-	
T15	Negativo	-	
T16	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Zacapa
T17	Negativo	-	
T18	Negativo	-	
T19	Negativo	-	
T20	Negativo	-	
T21	Positivo	2.68 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T22	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Rio Hondo
T23	Positivo	>2.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$	
T24	Negativo	-	
T25	Positivo	0.31 $\mu\text{g}/\text{kg}$	Cabañas
T26	Negativo	-	
T27	Negativo	-	

T28	Positivo	>2.7 µg/kg	
T29	Negativo	-	Huite
T30	Negativo	-	
T31	Negativo	-	San Diego
T32	Negativo	-	
T33	Positivo	>2.7 µg/kg	Teculután
T34	Negativo	-	
T35	Positivo	>2.7 µg/kg	
T36	Negativo	-	
T37	Negativo	-	
T38	Negativo	-	
T39	Positivo	>2.7 µg/kg	Usumatlán
T40	Positivo	0.62 µg/kg	Estanzuela

El cuadro No. 4 refleja la concentración de clenbuterol en microgramos por kilo de carne, con la respectiva información de acuerdo al municipio estudiado.

Las muestras que resultaron positivas a clenbuterol presentan un mínimo de concentración de 0.31 µg/kg (T25) y un máximo mayor a 2.7 µg/kg en 12 muestras.

Los resultados confirman que el 42.5% de las ganaderías que abastecen las carnicerías en los mercados municipales de Zacapa, incumplen con el acuerdo ministerial 821-2007 emitido por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA- el cual prohíbe el uso y comercialización del clenbuterol en todas las presentaciones existentes principalmente en el ramo pecuario.

Las 12 muestras que superan una concentración de 2.7 µg/kg podrían causar síntomas de intoxicación como: temblores, taquicardia, nerviosismo, náuseas y vómitos (Flores 2010). No logrando así el fin de proteger al consumidor en cuanto a su salud y seguridad al consumir de este producto no inocuo.

El uso de clenbuterol en Guatemala para el engorde de ganado bovino sigue siendo un hábito de algunos ganaderos de Guatemala debido a que no hay ningún control ni trazabilidad en fincas, rastros municipales y puntos de venta por parte de las autoridades correspondientes.

## 6.2. Resultados por lugar de comercio

La distribución de muestras positivas por sector fue de la siguiente manera: municipio la Unión 66.66 % (n=6), Gualán 16.66% (n=1), Zacapa 33.33% (n=2), Rio Hondo 66.66% (n=2), Cabañas 50% (n=2) Huite y San Diego 0% respectivamente. Municipio de Teculután 33.33% (n=2), Usumatlán y Estanzuela 100% (n=1) respectivamente. El lugar donde se encontraron más residuos de clembuterol fueron el municipio de la Unión como se puede observar en el cuadro 5 y figura 3.

**Cuadro 5.** Casos positivos a residuos de clembuterol por sector

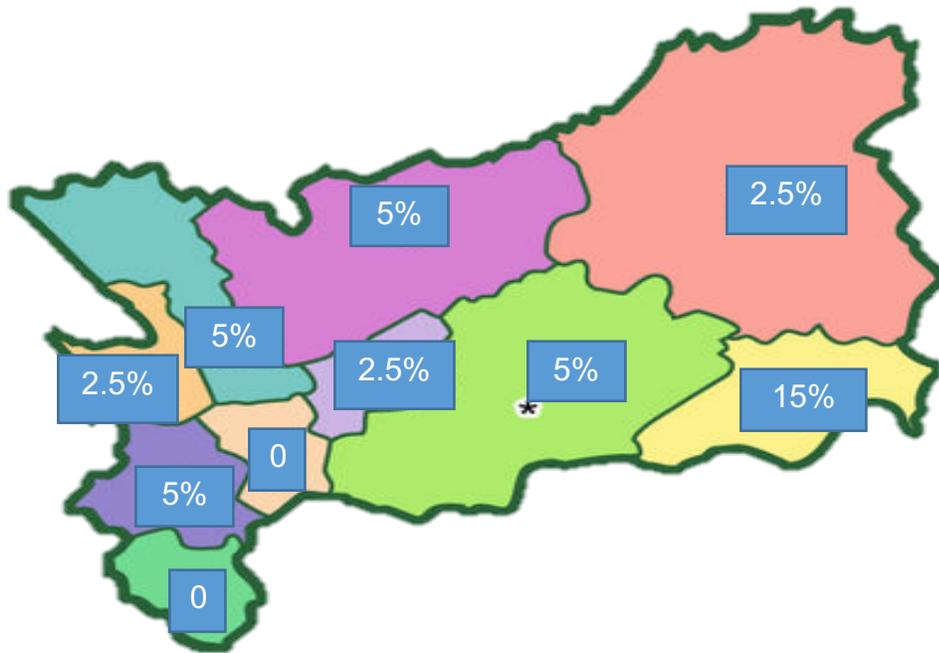
<b>Municipio</b>	<b>Positivos</b>	<b>%</b>	<b>Negativos</b>	<b>%</b>
La Unión	6	66.66	3	33.34
Gualán	1	16.66	5	83.33
Zacapa	2	33.33	4	66.66
Rio Hondo	2	66.66	1	33.33
Cabañas	2	50.00	2	50.00
Huite	0	00.00	2	100.00
San Diego	0	00.00	2	100.00
Teculután	2	33.33	4	66.66
Usumatlán	1	100.00	0	00.00
Estanzuela	1	100.00	0	00.00

## 6.3. Porcentaje de muestras positivas a residuos de clembuterol en carne bovina en los municipios del departamento de Zacapa

El sector con más casos positivos a clembuterol fue el municipio de La Unión con el 15%. Seguido de Zacapa, Rio Hondo, Cabañas y Teculután con el 5% respectivamente. Como se puede observar en el cuadro 5 y su distribución en la figura 2.

**Cuadro 6.** Clembuterol en muestras de carne bovina por municipio afectado

Municipio	Positivos	%
La Unión	6	15
Gualán	1	2.5
Zacapa	2	5
Rio Hondo	2	5
Cabañas	2	5
Huite	0	0
San Diego	0	0
Teculután	2	5
Usumatlán	1	2.5
Estanzuela	1	2.5
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>	<b>42.5</b>



**Figura 2.** Distribución por municipio

## VII. CONCLUSIONES

- En los expendios de carne bovina que funcionan en los municipios de Zacapa se comercializa carne conteniendo residuos de clembuterol.
- El municipio con mayor incidencia de carne bovina con restos de clembuterol fue el municipio de La Unión con el 15% de las muestras positivas.
- La mayor concentración encontrada fue  $>2,700$  ng/kg con predominio en el municipio de La Unión.
- La distribución de muestras positivas por área se encuentra de la siguiente manera: municipio La Unión 66.66 % (n=6), Gualán 16.66% (n=1), Zacapa 33.33% (n=2), Rio Hondo 66.66% (n=2), Cabañas 50% (n=2) Huité y San Diego 0% respectivamente. Municipio de Teculután 33.33% (n=2), Usumatlán y Estanzuela 100% (n=1) respectivamente.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

- Realizar controles para la detección de los niveles de clenbuterol en carne bovina en otros departamentos del país, para poder contribuir a una mejora en la seguridad alimentaria con la finalidad de proveer producto de calidad e inocuo.
- Implementar un programa de monitoreo del uso de sustancias tipo clenbuterol por parte del MAGA en el ganado bovino de los diferentes departamentos del país por medio de una certificación de origen que le dé un valor agregado al ganado comercializado en Guatemala.
- Cuantificar los niveles de clenbuterol en sangre u orina previo al sacrificio del ganado en mataderos, con el fin de evitar pérdidas económicas para pequeñas empresas procesadoras de canales de vacuno, debida eliminación de productos cárnicos contaminados.
- Realizar pruebas como RIDASCREEN® Clenbuterol para control del cumplimiento del Acuerdo Ministerial 821-2007.

## IX. RESUMEN

Dentro la producción animal es importante tener en cuenta la salud pública y la seguridad alimentaria brindando productos libres e inocuos que no causen daño al consumidor. El uso de clenbuterol con interés de aumentar la producción de carne en bovinos en el menor tiempo posible, hace omisión en cuanto al aspecto de la inocuidad en el alimento. El clenbuterol es un anabólico eficaz para la ganancia de peso en el proceso de producción de músculo para obtener mayor rendimiento en canal en menor tiempo, siendo esto beneficioso económicamente para los productores de carne bovina, por otra parte, pueden quedar residuos en la carne destinada al consumidor siendo así un producto de riesgo para la salud del consumidor final.

Guatemala es un país que se dedica ampliamente a la ganadería, su alta demanda ha hecho que se utilice el clenbuterol para el aumento de la masa muscular en los bovinos. En los mercados municipales del departamento de Zacapa se desconoce la trazabilidad de la carne bovina que se comercializa en los puntos de venta. El propósito de esta investigación fue generar información sobre la presencia de clenbuterol en la carne bovina que se expende en el departamento de Zacapa y determinar los niveles y la presencia de clenbuterol en la carne bovina mediante la técnica de inmunoensayo enzimático competitivo.

Se llevó a cabo mediante el Kit RIDASCREEN® Clenbuterol, se obtuvo como resultado residuos de clenbuterol en 17 muestras lo que representa un 42,50% del total de las muestras. El municipio con mayores muestras positivas fue el municipio de La Unión con el 15% del total de las muestras. La mayor concentración detectada fue >2700 ng/kg.

**Palabras clave:** Clenbuterol, residuos, carne bovina, salud, seguridad alimentaria.

## SUMMARY

Within animal production it is important to take into account public health and food safety by providing free and safe products that do not cause harm to the consumer. The use of clenbuterol with the interest of increasing meat production in cattle in the shortest possible time, omits the aspect of food safety. Clenbuterol is an effective anabolic for weight gain in the muscle production process to obtain greater carcass yield in less time, this being an economic benefit for beef producers, on the other hand, residues may remain in the meat destined for to the consumer, thus being a product of risk to the health of the final consumer.

Guatemala is a country that is widely dedicated to livestock, its high demand has led to the use of clenbuterol to increase muscle mass in cattle. In the municipal markets of the department of Zacapa, the traceability of beef sold at points of sale is unknown. The purpose of this research was to generate information on the presence of clenbuterol in beef that was spent in the department of Zacapa and to determine the levels and presence of clenbuterol in beef through the competitive enzyme immunoassay technique.

It was carried out using the RIDASCREEN® Clenbutrol Kit, resulting in clenbuterol residues in 17 samples, which represents 42.50% of the total samples. The municipality with the highest positive samples was the municipality of La Unión with 15% of the total samples. The highest concentration detected was >2700 ng/kg.

**Key Words:** Clenbuterol, residues, beef, health, food safety.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bazo, E., Cantejo, M., Chicaiza, I., Grau, I., Gutiérrez, A., & Padín, J. (2013). Dopaje con clenbuterol: ¿es posible la contaminación con carne en el “Caso del ciclista Alberto Contador”? *Cultura y fármacos*, 11(2), 73-79.
- Chávez, A. L. (2017). *Detección de niveles de clenbuterol en carne bovina comercializada en mercados municipales de Suchitepéquez*. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Suroccidente]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7892/1/TESIS%20.pdf>
- Choo, J. , Horan, M. A., Little, R. A., & Rothwell, N. J. (1992). Anabolic effects of clenbuterol on skeletal muscle are mediated by beta 2-adrenoceptor activation. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 263 (1), E50-E56. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1992.263.1.E50>
- Chris, E. (2009). Detecting chemical contaminants in foodsuffs. Universidad de Belfast, Queen’s Departamento de Veterinaria.
- Flores, D. (2010). *Uso del Clenbuterol en bovinos de carne y su importancia en la salud publica*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Flores, G. (25 de Julio de 2006). Contaminadas con clenbuterol, más de 100 reses en Zacatecas. *La Jornada*. <https://www.jornada.com.mx/2006/07/25/index.php?section=estados&article=033n6est>
- Heitzman, R. (1997). Clenbuterol. *Residues of some veterinary drugs in animals and foods* (21-40). FAO/WHO. <http://www.fao.org/3/W4601E/w4601e06.htm>
- Jones, S. W., Baker, D. J., Gardiner, S. M., Bennett, T., Timmons, J. A., & Greenhaff, P. L. (2004). The effect of the  $\beta$ 2-adrenoceptor agonist prodrug BRL-47672 on cardiovascular function, skeletal muscle myosin heavy chain, and MyoD expression in the rat. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 311(3), 1225-1231. Doi: 10.1124/jpet.104.071589
- Linares, A. J., & Miranda, F. M. (2020). Clenbuterol en la carne bovina comercializada en la cabecera departamental de Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI/USAC*, 4(2), 39-46. Doi: 10.36314/cunori.v4i2.126
- Olivares, J., Quiroz, F., Rojas, S., Camacho, L. M., & Cipriano, M. (2015). Determinación de clenbuterol en tejido muscular en bovinos en rastros de



la región de Tierra Caliente del Estado de Guerrero. *Revista de Energía Química y Física*, 2(4), 338-342.

R-Biopharm. (15 de Diciembre de 2019). *RIDASCREEN*® *Clenbuterol Art No R1711*. R-biopharm. <https://food.r-biopharm.com/products/ridascreen-clenbuterol/>

Secretaria de Salud de México. (2012). *Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de la Intoxicación Alimentaria asociada al consumo de carne contaminada por Clembuterol*. [https://salud.edomex.gob.mx/cevece/docs/marco\\_juridico/manualesvep/Manual\\_Clembuterol.pdf](https://salud.edomex.gob.mx/cevece/docs/marco_juridico/manualesvep/Manual_Clembuterol.pdf)

Sumano, H., Ocampo, C., & Gutiérrez, L. (2002). Clembuterol y otros  $\beta$ -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública?. *Veterinaria México*, 33(2), 137-159.

Valencia, A. (2019). *Evaluación de la presencia de residuos de clenbuterol en muestras de productos cárnicos dentro del estado de Morelos*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1208/VXGARR02T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

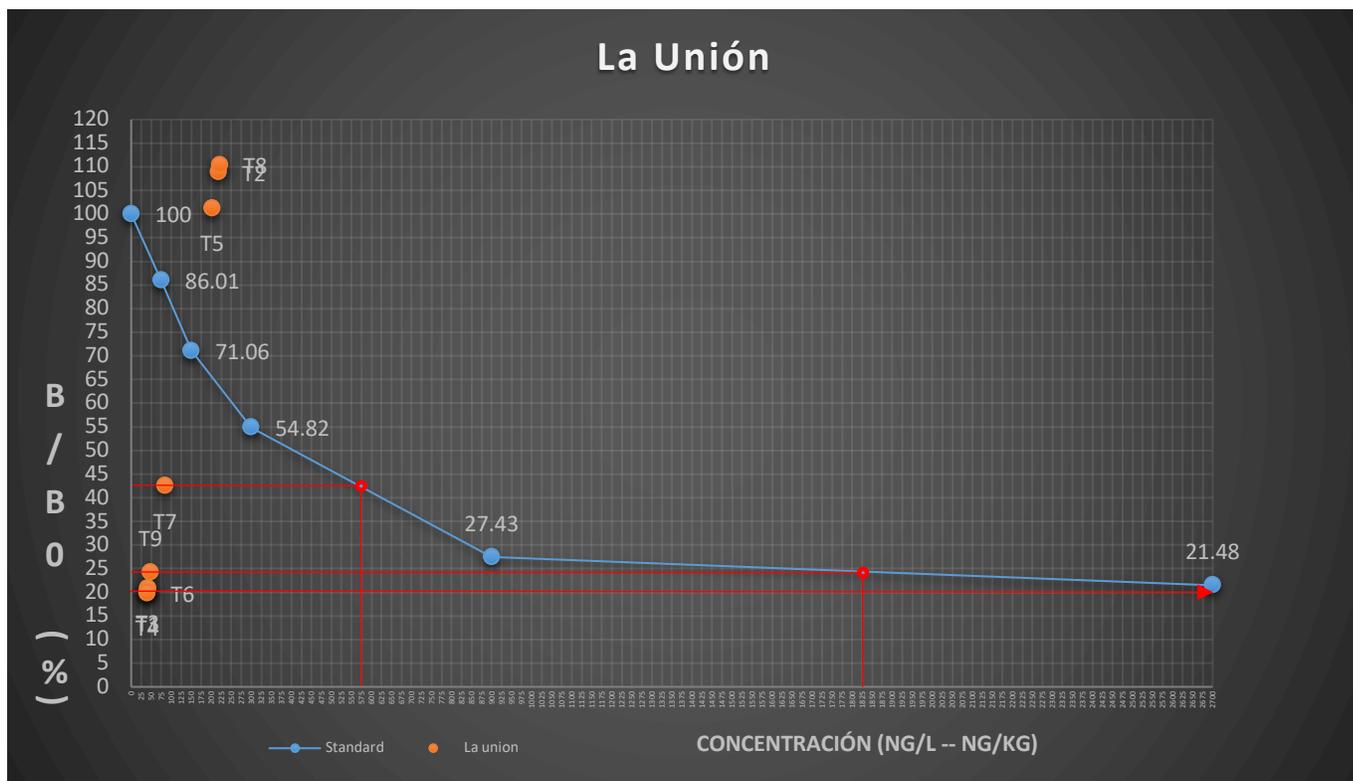
Valladares-Carranza, B., Bañuelos-Valenzuela, R., Peña-Betancourt, S. D., Velázquez-Ordóñez, V., Echavarría-Cháirez, F. G., Muro-Reyes, A., & Ortega-Santana, C. (2015). Riesgos a la salud por el uso de clorhidrato de clenbuterol: una revisión. *Revista de Medicina Veterinaria*, (30), 139-149.



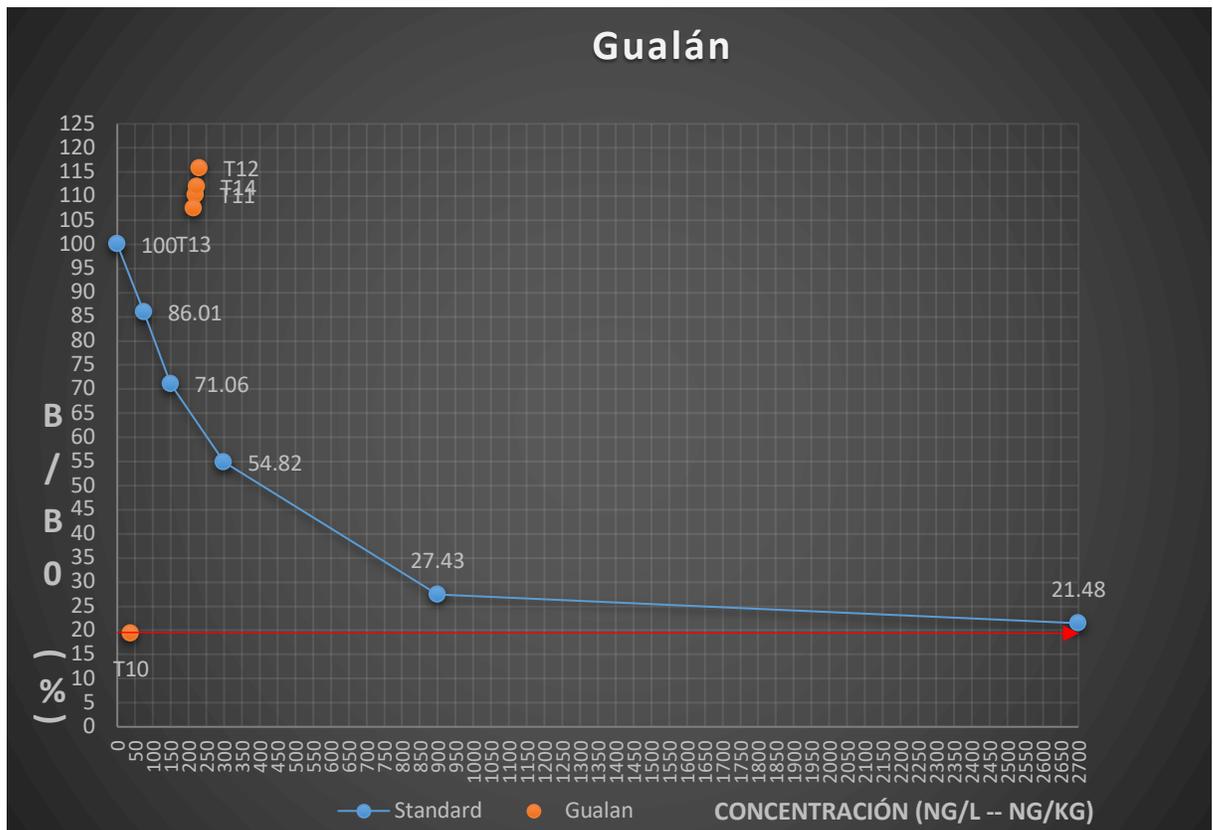
# **XI. ANEXOS**



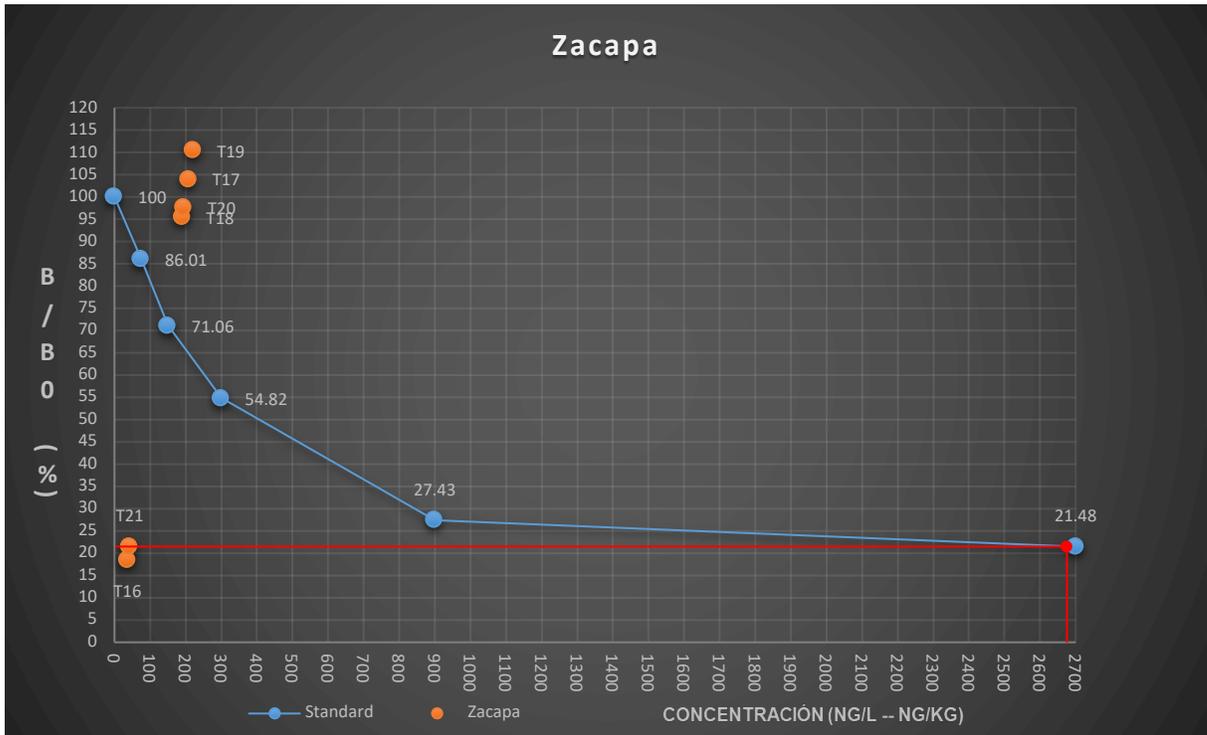
Figura 3. Concentración de clembuterol en el municipio La Unión



**Figura 4.** Concentración de clenbuterol en el municipio Gualán



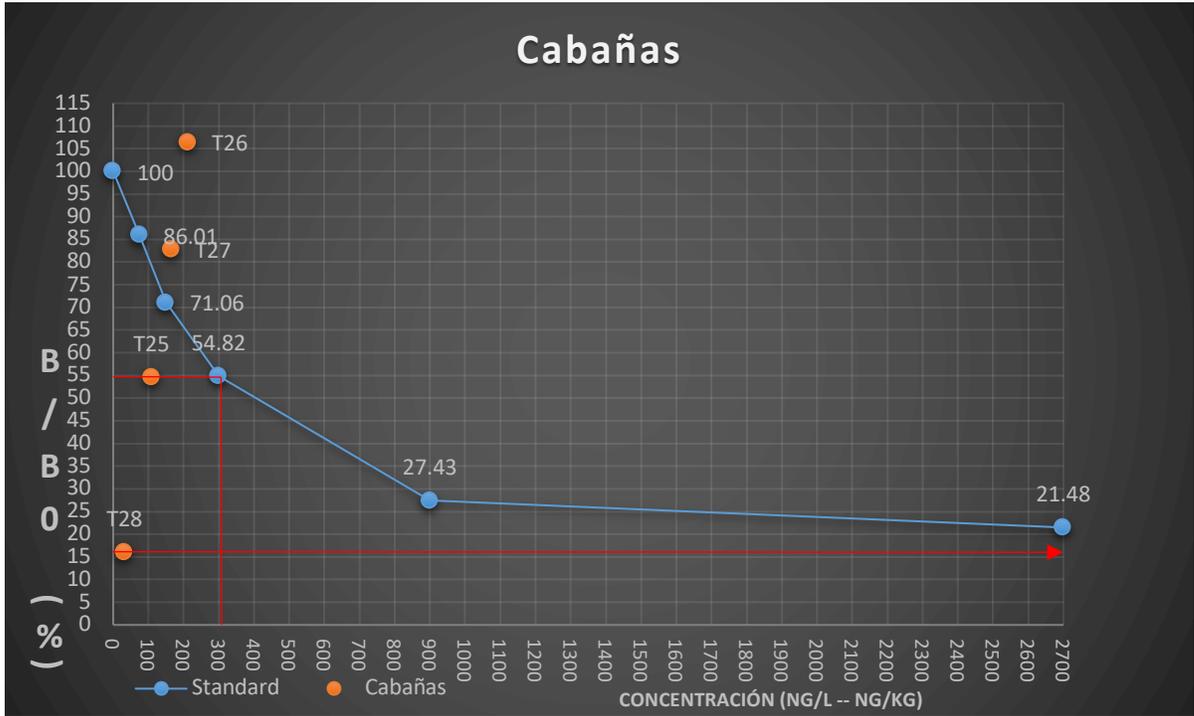
**Figura 5. Concentración de clenbuterol en el municipio de Zacapa**



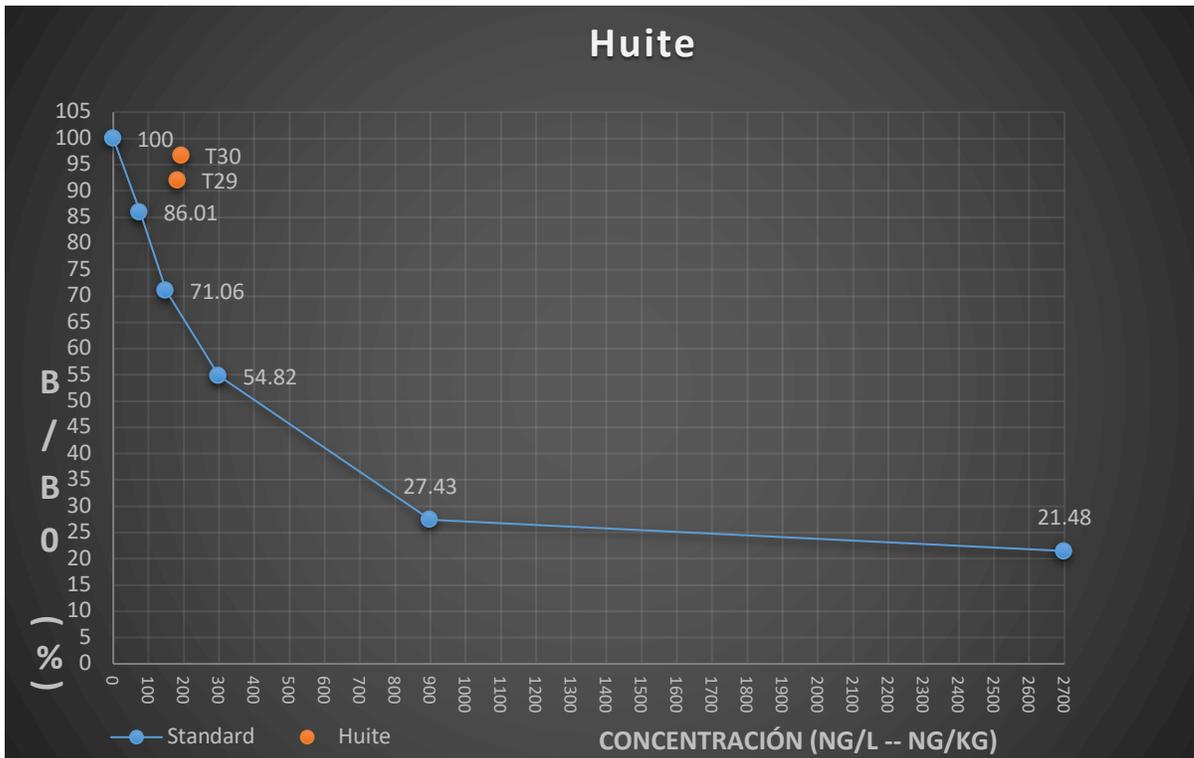
**Figura 6. Concentración de clenbuterol en el municipio Rio Hondo**



**Figura 7.** Concentración de clenbuterol en el municipio Cabañas



**Figura 8.** Concentración de clenbuterol en el municipio Huite



**Figura 9.** Concentración de clenbuterol en el municipio San Diego

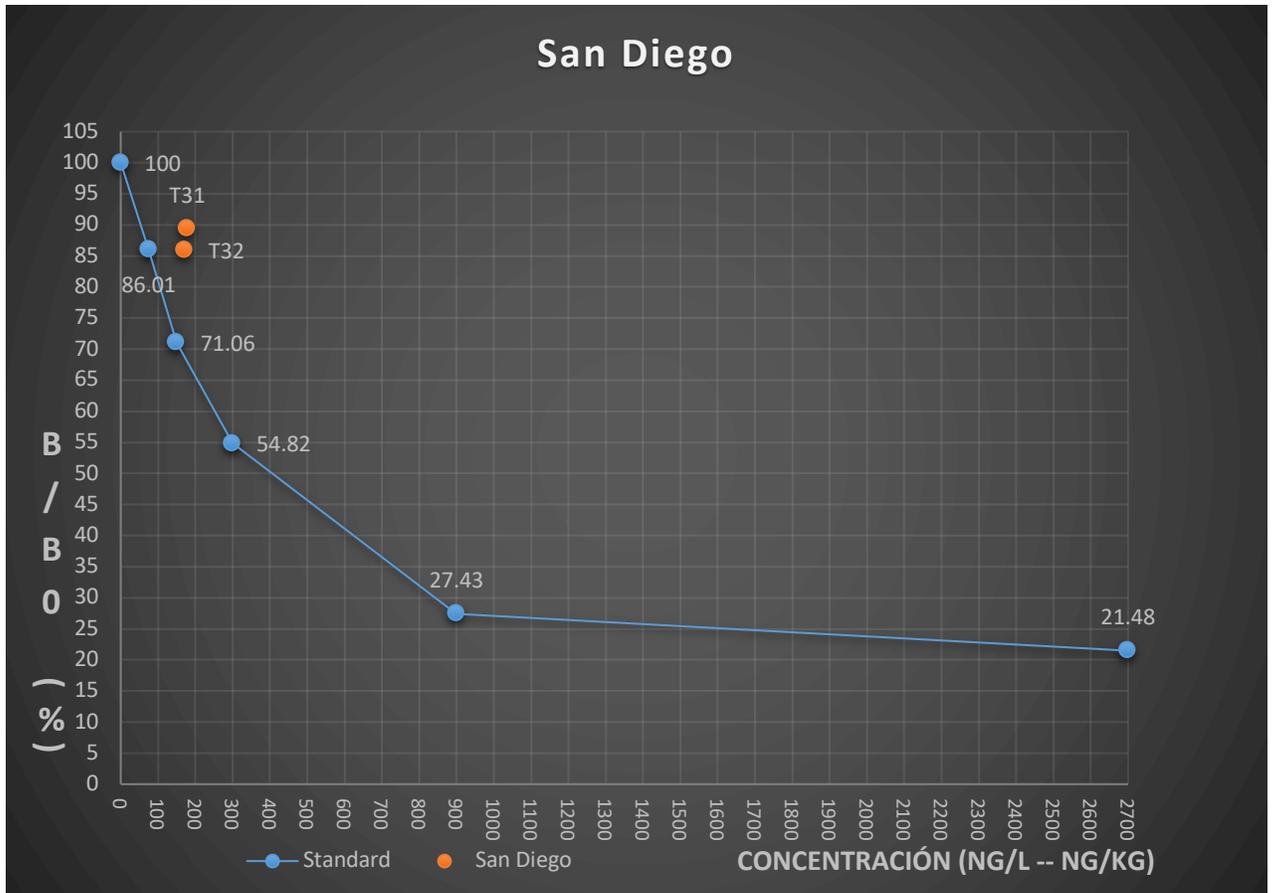
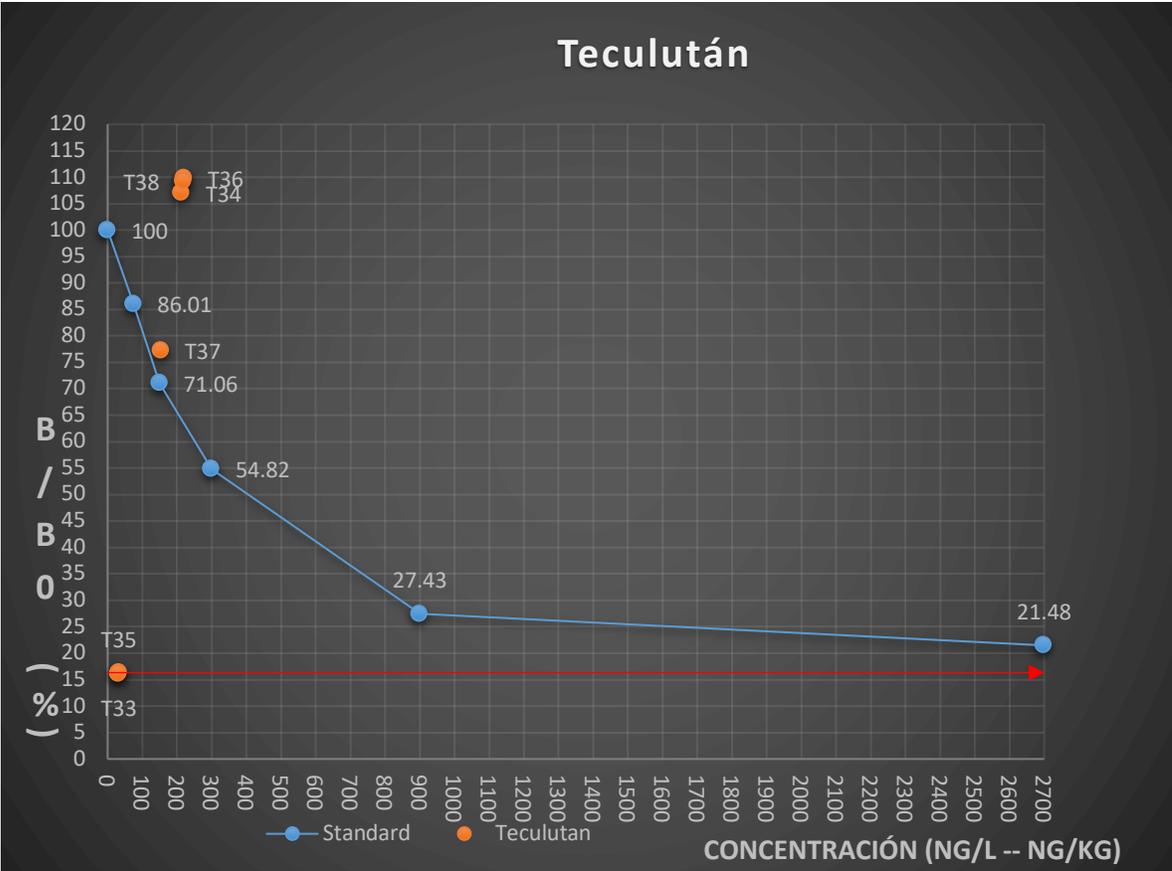


Figura 10. Concentración de clenbuterol en el municipio Teculután



**Figura 11.** Concentración de clembuterol en el municipio Usumatlán

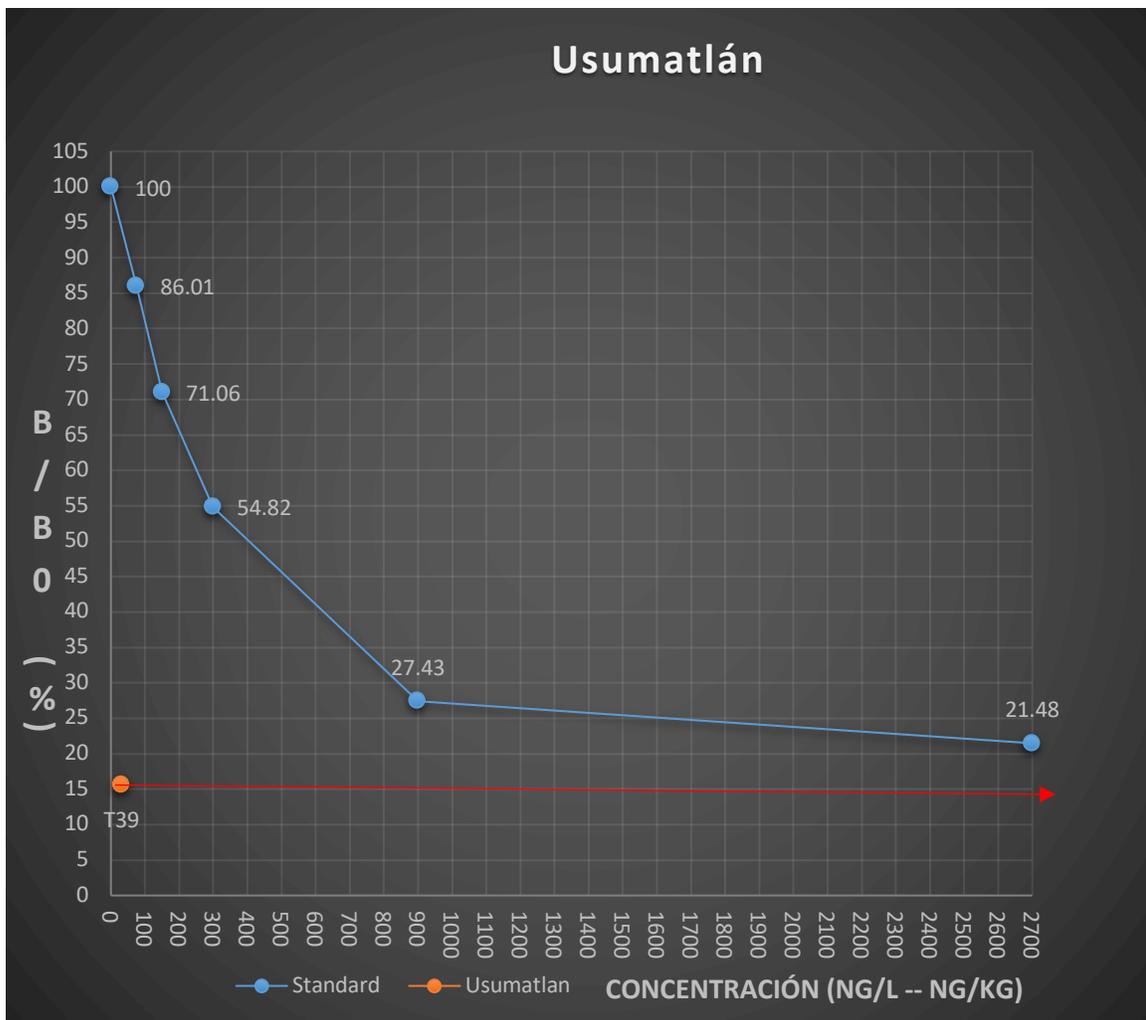
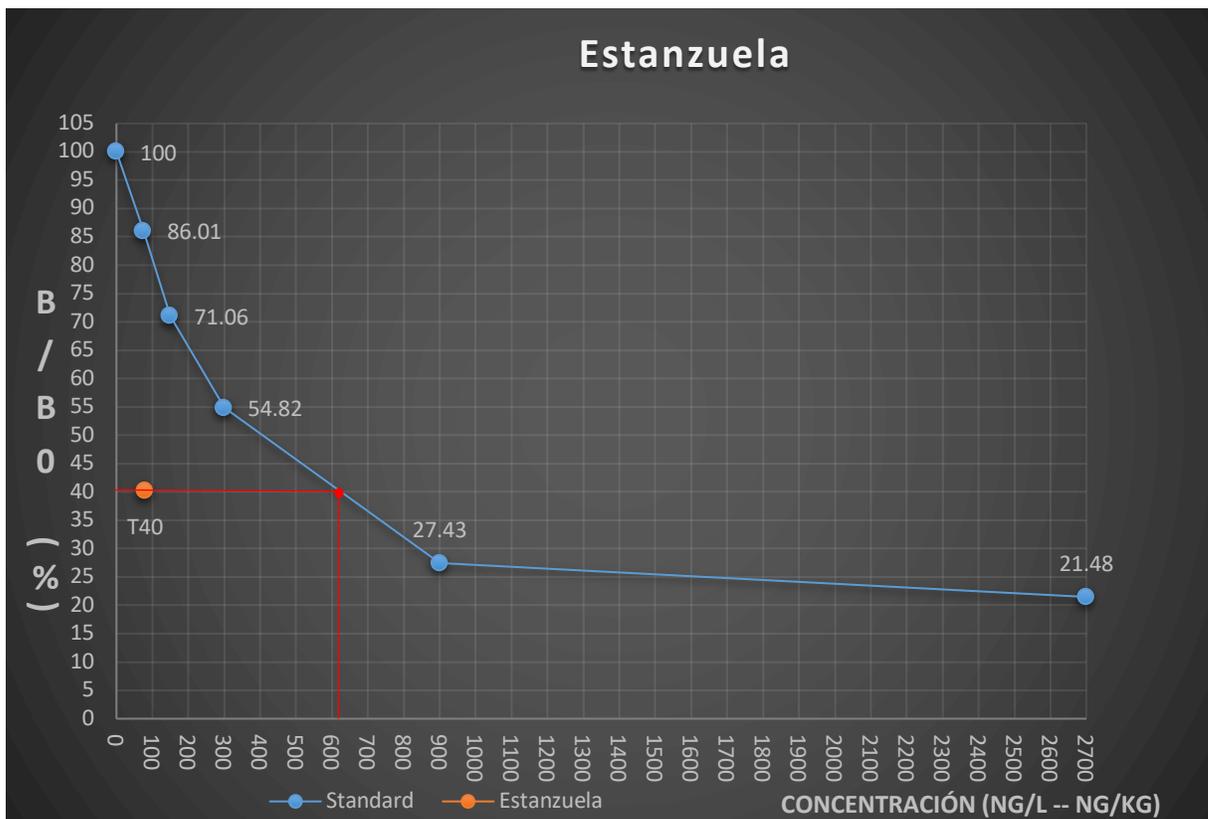
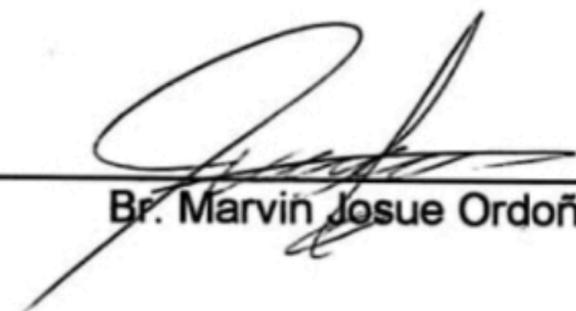


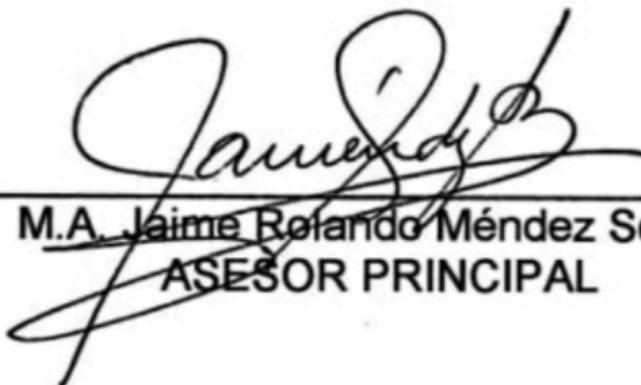
Figura 12. Concentración de clenbuterol en el municipio Estanzuela



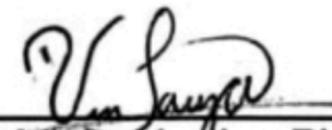
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE CLEMBUTEROL EN  
CARNE BOVINA COMERCIALIZADA EN MERCADOS  
MUNICIPALES DEL DEPARTAMENTO DE ZACAPA

f.   
Br. Marvin Josue Ordoñez Rodas

f.   
M.A. Jaime Rolando Méndez Sosa  
ASESOR PRINCIPAL

f.   
M.Sc. Lucero Serrano Arriaza  
ASESOR

f.   
M.V. Vivian Lariza Pineda Alvizuris  
EVALUADOR

IMPRIMASE

f.    
M.A. Rodolfo Chang Shum  
DECANO