



Laboratorio de Ciencia de la Carne
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Nacional Autónoma de México

REPORTE FINAL
CONVENIO HSI-UNAM DGEL/3817/15

“ESTUDIO DEL MERCADO DE CARNE DE CABALLO EN MÉXICO Y PRUEBAS DE ADN”

Investigadores principales

María Salud Rubio Lozano

Laboratorio de Ciencia de la Carne, Centro de Enseñanza, Práctica e Investigación en Producción y Sanidad Animal, FMVZ-UNAM

Juan Francisco Hernández

Laboratorio de Calidad y autenticidad de Alimentos de Origen Animal, Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, ITSON

Colaboradores

Francisco A. Ruíz López, Rosaurora Medina Medina y Pavel Espinoza

2017

TABLE OF CONTENTS

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
I. ANTECEDENTES	4
II. OBJETIVO	8
III. METODOLOGIA	8
1. Ciudades seleccionadas para el estudio	8
2. Establecimientos de muestreo.....	9
3. Tipos de muestras.....	9
4. Tamaño de muestras	9
5. Recolección y envío de muestras.....	9
6. Establecimientos donde se adquirió carne para análisis de ADN.....	10
7. Entrevistas aplicadas.....	11
8. Extracción de ADN y prueba de PCR para determinación de especie de origen.....	12
9. Análisis estadísticos.....	14
IV. RESULTADOS.....	15
IV.1. Resultados de encuestas sobre conocimiento de venta de carne de caballo.....	15
1) Ciudad de México.....	16
2) Zacatecas.....	17
3) Aguascalientes.....	19
4) Chihuahua.....	20
5) Pachuca.....	22
6) San Vicente Chicoloapan.....	23
IV. 2. Resultados de PCR en ADN de muestras de carne cruda y cocinada	24
IV.3. Resultados positivos por ciudad, tipo de carne y establecimiento.....	27
IV.4. Análisis de clenbuterol.....	31
V. CONCLUSIONES	35
VI. REFERENCIAS	36
ANEXO 1.....	39

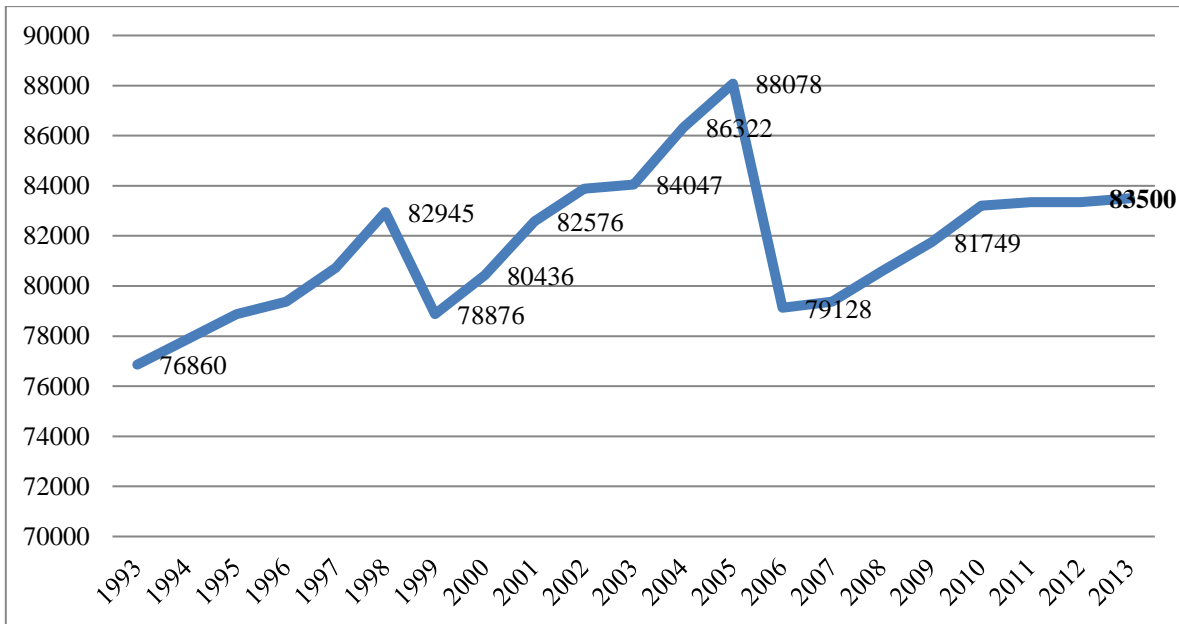
RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio tiene dos propósitos fundamentales: uno es conocer la dinámica de venta de carne de caballo en México por medio de encuestas en varios puntos de venta de carne en varias ciudades del país donde se tiene conocimiento de la cría, matanza, venta y consumo de este tipo de carne; el otro objetivo es detectar la venta fraudulenta de carne caballo por carne de res mediante un muestreo de carne con posterior análisis del ADN. El diseño experimental incluyó seis ciudades de la República Mexicana (Aguascalientes, Zacatecas, Chihuahua, la ciudad de México, Pachuca y San Vicente Chicoloapan), cinco puntos de venta (carnicerías, supermercados, tianguis permanentes, tianguis móviles y otros) y cuatro tipos de carne (molida, tacos regulares, tacos fritos o burritos y bistecs) sin etiquetar o etiquetados como carne de res. El Estudio 1 (Encuesta de la dinámica de venta de carne de caballo) y el Estudio 2 (Detección de carne de caballo por medio del ADN) se hicieron de enero a junio del 2016. El número total de muestras analizadas fue de 433. Los resultados del Estudio 1, con 339 encuestas realizadas, indican que la mayoría (>80%) de las personas involucradas en la venta de carne tienen poco interés o nulo en vender carne de caballo y en su mayoría desconocen las redes de comercialización de la misma. Otro hallazgo fue que la mayoría de los puntos de venta son lugares con poca calidad higiénica, con excepción de los supermercados. En el Estudio 2, las pruebas de ADN arrojaron que en 9.93% de las muestras de los productos analizados se encontró carne de caballo (43 muestras). En la ciudad de México, Chihuahua y Pachuca se tuvieron alrededor de 12% de muestras positivas, mientras que en Aguascalientes 11% y en Zacatecas 7%. La carne molida fue el tipo de muestra que tuvo mayor porcentaje de muestras positivas a carne de caballo (42%). El porcentaje de muestras positivas encontradas (9.93%) podría deberse a que las investigaciones se hicieron en ciudades con rastros TIF de matanza de caballos y mercados con baja regulación sanitaria y legal. Por último, se llevó a cabo un estudio adicional sobre la presencia de sustancias tóxicas (clembuterol) en 29 de las 43 muestras que fueron positivas a la carne de caballo (esta precisión metodológica se debe a que solo se tomaron las muestras de carne cruda, dejando fuera las de carne cocinada). En este caso, se encontraron concentraciones importantes de clembuterol en 93.10% de las 29 muestras analizadas.

I. ANTECEDENTES

México es el segundo productor mundial de carne de caballo, solo después de China, y es uno de sus principales exportadores. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define a la carne como las parte de un animal que se utilizan como comida. De acuerdo con la FAO, 83,500 toneladas de carne equina se produjeron en México en 2013 (Gráfica A).¹ En cuanto a las cifras oficiales de la Secretaría de Economía del gobierno mexicano, en 2015 México exportó 2'927,933 de kilogramos de carne de caballo con un valor de 8'924,758 dólares estadounidenses, principalmente a Vietnam y a Rusia.²

Gráfica A. Volumen de la producción de carne de caballo en México (1961-2013)



Fuente: Base de datos de la FAOSTAT, "Production", consultada el 20 de octubre de 2016.

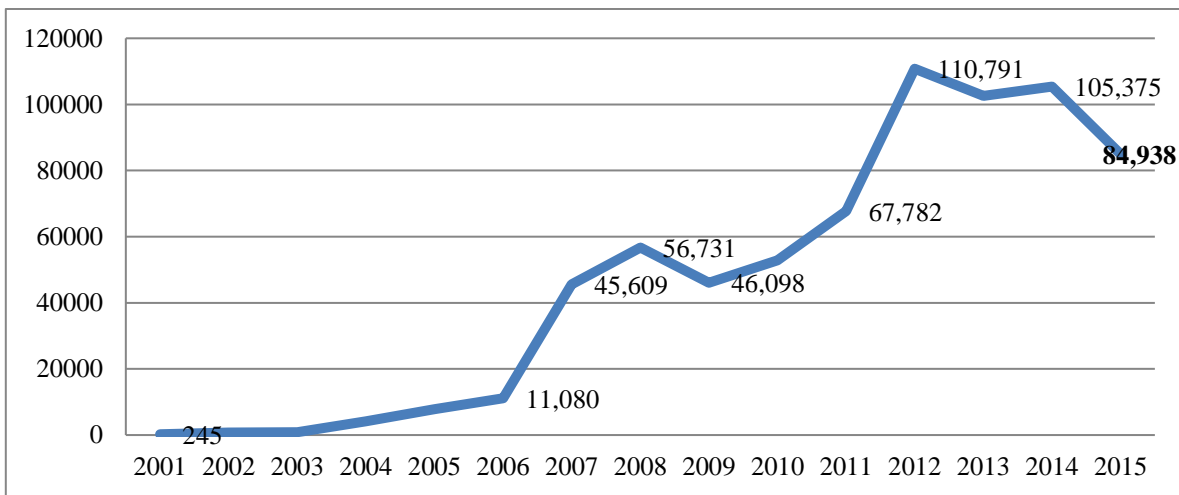
En México, la producción de carne de caballo ha aumentado en el último decenio, principalmente como resultado del incremento en el número de caballos originarios de Estados Unidos que se exportan al país vecino para su sacrificio (Gráfica B). Según el

¹ La base de datos no diferencia la producción de carne de caballo destinada para consumo humano o para animales, pero de una visión general de la magnitud de la matanza de caballos en general. FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAOSTAT Statistics Database, "Livestock Primary Meat Horse", <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QL/E> [Recuperado el 25 de mayo de 2016].

² Secretaría de Economía, *SIAMI Sistema de Información Arancelaria Vía Internet*, <http://www.economia-snci.gob.mx/> [Recuperado el 28 de octubre de 2016].

Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés), en 2006, un año antes de que se cerraran los rastros en territorio norteamericano, más de 11 mil caballos vivos se transportaron a México; para 2012 la cantidad alcanzó su punto más alto con casi 111 mil. Este incremento de más de 1000 por ciento deriva del cierre de los últimos rastros en Estados Unidos tras la supresión de los fondos para las inspecciones de los mataderos.³

Gráfica B. Número de caballos de origen norteamericano exportados a México para su sacrificio (2001-2015)



Fuente: Datos por año del USDA, *Foreign Agricultural Service*, “FAS Agricultural Import Aggregations and HS-10 Digit Import Commodities (Live Horses for Immediate Slaughter)”, <http://www.fas.usda.gov/data> [Recuperado el 3 de noviembre de 2016].

Hasta hace algunos años, México era uno de los principales proveedores de carne de caballo de la Unión Europea (UE), con Bélgica, los Países Bajos y Francia como los principales países importadores.⁴ La Comisión Europea estableció posteriormente una prohibición condicionada a las importaciones de carne de caballo de México (87% de los caballos sacrificados que se exportaban a la UE eran de origen estadounidense) después de que la Oficina Alimentaria y Veterinaria de la Comisión determinara en su última auditoría que no era posible garantizar la confiabilidad de las declaraciones de los productores o la

³ Las leyes vigentes en Estados Unidos no prohíben enviar caballos norteamericanos a países vecinos. Tadlock Cowan, “Horse Slaughter Prevention Bills and Issues”, *CRS Report for Congress*, 28 de junio de 2013, p. 8.

⁴ Secretaría de Economía, *SIAMI Sistema de Información Arancelaria Vía Internet*, <http://www.economia-snci.gob.mx/> [Accessed 28 October, 2016].

trazabilidad de los caballos sacrificados provenientes de Estados Unidos y de México. La decisión de la Comisión Europea también aplicó para Suiza con base en el acuerdo veterinario bilateral celebrado.⁵

Después de que la suspensión de la UE entrara en vigor en 2015, aparecieron varios artículos en la prensa mexicana donde se denuncian prácticas de etiquetado incorrecto en Aguascalientes, Chihuahua y otros estados de la República, donde la carne de caballo se vendería sin etiqueta o con una descripción falsa.⁶ Estas prácticas fraudulentas han sido identificadas y registradas por académicos en el pasado.⁷

México es actualmente uno de los principales países exportadores de carne de caballo en el mundo. Sin embargo, las cifras sugieren que el producto se consume en el mercado interno. En cuanto al mercado para la carne de caballo en la capital del país, el precio promedio de la carne de caballo es de 70 pesos contra 140 pesos que cuesta la carne de res. La rentabilidad de la carne de caballo frente a la res puede haber dado lugar a prácticas deshonestas.

En México, el consumo de carne de caballo comúnmente se asocia con pobreza y desconocimiento. Una encuesta de 2015 realizada por *Parametría* revela que la mayoría de los mexicanos se oponen a comer carne de caballo y que apoyarían medidas para asegurar que esa carne no se etiquete mal. La misma encuesta señala que 74% de los mexicanos afirman que nunca han comido y que nunca comerían carne de caballo; 73% estarían

⁵ La principal preocupación de las autoridades competentes de la UE se relacionaron con los controles que permitan la trazabilidad de caballos vivos, que no cumplen las normas especificadas en la legislación europea. Comisión Europea, *Final report of an audit carried out in Mexico from 24 June to 04 July 2014 in order to evaluate the operation of controls over the production of fresh horse meat and meat products intended for export to the European Union, including monitoring of residues and contaminants as well as certification procedures*, DG(SANCO), 2014-7223 – MR FINAL, 2014, p. 7.

⁶ Sara Álvarez F., “Investiga la Profeco la Venta de Carne de Caballo en Carnicerías, *Página 24*, Aguascalientes, 2 de marzo de 2015. José T. Méndez, “Aumenta consumo de carne de caballo”, *AM León*, León, 7 de abril de 2015.

⁷ El etiquetado incorrecto evita que los consumidores tomen decisiones informadas sobre los productos para su alimentación [D. E. Kane y R. S. Hellberg, “Identification of species in ground meat products sold on the U.S. commercial market using DNA-based methods”, *Food Control*, 59 (2016), pp. 158-163]. Un estudio de caso anterior en México señaló que las tasas de etiquetado incorrecto varían entre 20 y 70 por ciento en productos cárnicos como embutidos, carne molida y carne seca [M.E. Flores-Munguía, M.C. Bermudez-Almada y L. Vazquez-Moreno, “A research note: detection of adulteration in processed traditional meat products”, *Journal of Muscle Foods*, 11 (2000), pp. 319-325].

molestos si descubrieran que han comido carne de caballo mal etiquetada, y 96% apoyaría una supervisión rigurosa para evitar el etiquetado incorrecto en el país.⁸

Aunado a lo anterior, el consumo de carne de caballo presenta riesgos claros a la salud humana. En Estados Unidos y México, se cría y se trata a los caballos como animales de compañía, no como animales de consumo humano.⁹ De lo anterior se desprende que, a diferencia de los animales criados para la producción de alimentos, la mayoría abrumadora de los caballos que terminan en los rastros probablemente han ingerido, han sido tratados o inyectados con varias sustancias químicas, peligrosas para los humanos, muchas de las cuales se encuentran prohibidas para su uso en animales de crianza.

El gobierno de México ha hecho esfuerzos importantes en su legislación sobre residuos tóxicos en la carne de animales destinados al consumo humano desde la promulgación de la Ley Federal de Sanidad Animal. En 2014, para cumplir con las medidas internacionales, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) adoptó un acuerdo en el que establecía criterios para determinar los límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes.¹⁰ La FAO ha publicado también normas sobre los límites máximos de residuos (LMR) para el Ganado destinado al consumo humano.¹¹

Los caballos presentan un problema adicional pues tienen distintas procedencias y de diferentes etapas de su vida. No hay un sistema efectivo en Estados Unidos ni en México para mantener el historial médico y los tratamientos veterinarios que reciben los caballos

⁸ La encuesta se realizó entre el 25 y el 29 de julio de 2015, para la cual se entrevistó a 800 mexicanos. Parametría: Investigación estratégica. *Carta Paramétrica. Consumo de carne de caballo*, 2015.

⁹ H.G. González, D. Mota-Rojas, M. Becerril-Herrera, C. Casas-García, M. Zermeño, R. Ramírez-Necoechea, J.A. Toca-Ramírez, C. Lemus, J. Toca-Ramírez, y M. Alonso-Spilsbury, "Horse Meat for Human Consumption in México: Slaughter Performance and Carcass Morphometry", *Journal of Food Technology*, 106-110.

¹⁰ Secretaría de Gobernación, *Diario Oficial de la Federación*, "Acuerdo por el que se establecen los criterios para determinar los límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes, de funcionamiento de métodos analíticos, el Programa Nacional de Control y Monitoreo de Residuos Tóxicos en los bienes de origen animal, recursos acuícolas y pesqueros, y Programa de Monitoreo de Residuos Tóxicos en animales, así como el módulo de consulta, los cuales se encuentran regulados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación", 9 de octubre de 2014.

¹¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Codex Alimentarius Commission. Maximum Residue Limits for Veterinary Drugs in Foods (Updated as at the 35th Session of the Codex Alimentarius Commission)*, Roma, Julio de 2012. ftp://ftp.fao.org/codex/weblinks/MRL2_e_2012.pdf

para asegurar que su carne es apta para el consumo humano.¹² Este documento busca contribuir a la agenda de investigaciones sobre las prácticas relacionadas con el consumo y la venta de carne de caballo en México, mediante una serie de estudios de caso de varias ciudades mexicanas. Sin embargo, en el futuro se necesitarán más investigaciones al respecto para llegar a una evaluación exhaustiva de este tema en México.

II. OBJETIVOS

Este estudio tiene tres objetivos fundamentales. El primero es conocer la dinámica de venta de carne de caballo en México por medio de encuestas en distintos puntos de venta de carne en varias ciudades del país donde se tiene conocimiento de la cría, matanza, venta y consumo de este tipo de carne. El segundo es detectar la venta fraudulenta de carne caballo por carne de res a través de un muestreo de carne (en los mismos puntos de venta que fueron entrevistados) con posterior análisis del ADN. El tercero es detectar posibles residuos tóxicos (por medio de un análisis de presencia de clenbuterol) en las muestras que hayan arrojado resultados positivos.

III. METODOLOGIA

1. Ciudades seleccionadas para el estudio

Las ciudades de la República que se escogieron son seis: Aguascalientes, Chihuahua y Zacatecas –donde hay matanza de caballos en establecimientos TIF (sistema Tipo Inspección Federal)¹³– San Vicente Chicoloapan (SVC) –donde hay matanza de caballos en el rastro municipal–, la ciudad de México –donde el consumo de esta carne es significativo– y Pachuca, una ciudad elegida al azar.

¹² Comisión Europea, *Final report of an audit carried out in Mexico from 24 June to 04 July 2014 in order to evaluate the operation of controls over the production of fresh horse meat and meat products intended for export to the European Union, including monitoring of residues and contaminants as well as certification procedures*, DG(SANCO), 2014-7223 – MR FINAL, 2014.

¹³ Es importante señalar que dos de las ciudades seleccionadas (Aguascalientes y Zacatecas) se encuentran en la región occidental, que es la mayor productora en el país. Financiera Rural, *Carne de caballo. Contexto nacional*, September 2012. El documento ya no se encuentra disponible para consulta en el sitio electrónico del gobierno de la República: <https://www.gob.mx/fnd>.

Para determinar en cada ciudad, los lugares de muestreos y aplicación de cuestionarios, se dividió cada una en cuatro cuadrantes, que se catalogaron como zona A (Poniente-Norte), zona B (Oriente-Norte), zona C (Poniente-Sur) y zona D (Oriente-Sur). En las ciudades donde fue necesario, debido a la dispersión y concentración irregular de los negocios, se reportó solo como zona Norte (Poniente-Norte y Oriente-Norte) y zona Sur (Poniente-Sur y Oriente-Sur).

2. Establecimientos de muestreo

En cada una de estas zonas (A-D) se eligieron 5 tipos de establecimiento: 1) Mercados fijos y establecidos, 2) Tianguis ambulantes o mercados sobre ruedas semifijos, no establecidos, 3) Supermercados o tiendas departamentales que ofrecen venta de carne al menudeo, 4) Carnicerías fijas y establecidas y 5) Puestos de antojitos mexicanos fijos y semifijos, además de loncherías establecidas.

3. Tipos de muestras

Los tipos de muestras recolectadas en cada uno de los establecimientos incluyeron productos distintos según el sitio de venta. En supermercados y carnicerías se compró carne molida y bistec para milanesa. En mercados, tianguis y loncherías –además de estos dos tipos de productos–, se obtuvieron tacos de bistec asado o frito, tacos dorados de carne cocida deshebrada, gorditas de guisado y burritos, estos dos productos principalmente en las ciudades del norte del país. Fotografías de las muestras se pueden ver en el Anexo Fotográfico 1.

4. Tamaño de muestras

La muestra de carne cruda fue de 200 gramos cada una. En el caso de las muestras cocinadas se compraron de tres a seis unidades para obtener una muestra de 50 a 100 gramos cada una.

5. Recolección y envío de muestras

Al realizar el mapeo y la asignación de zonas en cada ciudad se determinó el número de negocios participantes por zona para completar un total de 100 muestras por ciudad, cifra

que tuvo que ajustarse en cada ciudad según la oferta -escasa o excesiva- de estos productos en cada lugar. Determinado lo anterior, se procedió a recolectar las muestras en los lugares seleccionados y al mismo tiempo, se aplicaron las encuestas en todos los negocios presentes en cada zona.

Durante el periodo de obtención de muestras, estas se conservaron en envases isotérmicos con refrigerantes a una temperatura menor de 8°C, para después envasarse en bolsas de plástico identificadas y selladas, las cuales se mantuvieron dentro de un envase isotérmico a una temperatura de 4°C, una vez colectadas todas las muestras de una ciudad, se enviaba el envase sellado e identificado al laboratorio de calidad de carne del ITSON.

6. Establecimientos donde se adquirió carne para análisis de ADN

En el Anexo 1, al final de este documento se presentan por zona, todos los lugares donde se hizo el muestreo. En el Cuadro 1 se presenta un resumen de los lugares muestreados por ciudad donde se hicieron encuestas y tomaron muestras para análisis de ADN. En total fueron 157 establecimientos en las seis ciudades.

Cuadro 1. Puntos de venta visitados donde se hicieron encuestas y/o tomaron muestras.

	México	Zacatecas	Aguascalientes	Chihuahua	Pachuca	SVC	TOTAL
Mercados	10	9	14	2	11	2	48
Supermercados	9	4	10	4	0	2	29
Tianguis	11	7	7	4	0	4	33
Carnicerías	10	12	5	6	4	2	39
Otros	0	0	3	0	5	0	8
TOTAL	40	32	39	16	20	10	157

7. Entrevistas aplicadas

Se hicieron dos tipos de entrevistas:

- 1) Específicas en los lugares donde había carne de caballo a la vista para su venta. Ahí se tomó información de la zona, el tipo de punto de venta, la dirección y el encuestador. También se recolectaron datos como que tipo de carne era, si estaba etiquetada, el precio, etc. El modelo de esta encuesta se presenta a continuación.

Fecha:
Zona: NO/NE/SO/SE
Tipo de Punto de venta:
Dirección:
Encuestador:

SI HAY CARNE DE CABALLO A LA VISTA

¿Esta etiquetada como tal?
¿Qué tipo de cortes se vende?
¿Cuál es el precio/ kg / tipo de corte?
¿De dónde es la carne de caballo?
¿Quién es su proveedor?
¿Es muy apreciada por el público?
¿Qué tipo de consumidor requiere dicha carne?
¿Cómo la cocinan normalmente?

HACER UNA EVALUACION RAPIDA DEL LUGAR EN CUESTION SANITARIA

Cualquier otra anotación sobre el lugar:

- 2) Las entrevistas no específicas se realizaron en lugares donde no se exhibía, ni se promocionaba la venta de carne de caballo. En estas se tomó información de la zona, el tipo de punto de venta, la dirección y el encuestador. Se preguntó por qué no se ofrece carne de caballo, si conocen a proveedores de la misma, etcétera. El modelo de esta encuesta se encuentra a continuación.

Fecha:
Zona: NO/NE/SO/SE
Tipo de Punto de venta:
Dirección:
Encuestador:

NO HAY CARNE DE CABALLO A LA VISTA
¿Por qué no ofrece carne de caballo?
¿Conoce a algún proveedor para adquirirla?
¿Usted quisiera vender carne de caballo? Porque?
HACER UNA EVALUACION RAPIDA DEL LUGAR EN CUESTION SANITARIA
Cualquier otra anotación sobre el lugar:

8. Extracción de ADN y prueba de PCR para determinación de especie de origen

Esta metodología se usó según lo que reportó el estudio de Hernández (et al.), con algunas modificaciones para productos procesados.¹⁴ Los reactivos empleados en las extracciones: Tris-HCl (hidroximetilaminometano), dodecilsulfato sódico (SDS), ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), Cloroformo-Alcohol isoamílico (24:1), N-acetil-N,N,N-trimetilamonio (CTAB), Fenol equilibrado, Etanol, 2-hidroxietilcelulosa (HEC) PM 90,000 y poli (vinilalcohol) (PVA) PM 50,000 fueron de SIGMA (Estados Unidos); Proteisana K y RNAsa A, fueron manufacturados por Invitrogen (México).

Se realizó una incubación inicial de las muestras procesadas y crudas (100 mg), en 500 µl de buffer de homogenización (NaCl 0.4 M, Tris-HCl 10 mM, EDTA 2 mM, pH 8.0) por 15 min a 55°C. La homogenización se llevó a cabo en un homogenizador Turrax 50 a 11,000 rpm por 45 seg. A la muestra homogenizada se añadió 10 ml de RNAsa (10 mg/ml) y se incubó 1 hr a 37 °C. Posteriormente, se agregaron 10 ml de proteinasa K (20 mg/ml) y 50 ml de SDS al 20%, para incubar de nuevo por una hr a 60°C. La mezcla se centrifugó por 10 min a 12,000 x g a 4 °C. Al sobrenadante se le añadió 300ml de NaCl 6 M y 88 ml de CTAB al 10 % y se incubó a 55°C por 1 hr. Posteriormente, se le agregó un volumen de 850 ml de fenol:cloroformo:alcoholisoamílico (25:24:1). Posteriormente se

¹⁴ J.F. Hernández, A.F. González-Córdova, R. Rodríguez-Ramírez y B. Vallejo-Córdoba, "Development of a polymerase chain reaction and capillary gel electrophoresis method for the detection of chicken or turkey meat in heat-treated pork meat mixtures", *Analytica Chimica Acta*, 708 (2011), pp. 146-154.

recuperó la fase acuosa, donde se encuentran las moléculas de ADN y se adicionó un volumen igual de isopropanol incubándose por lo menos 1 hr a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después se centrifugó por 40 min, a $12,000 \times g$ a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. El ADN se quedó en el precipitado, el cual fue lavado dos veces con 300 ml de etanol al 70 % para fijarlo (se centrifugó por 2 min a $12,000 \times g$ a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ cada vez). Posteriormente, se procedió a evaporar el etanol por 10 min. Una vez evaporado, al sedimento se le agregó 100 ml de buffer TE (Tris-HCl 10 mM, EDTA 1 mM, pH 8.0).

Previo a la amplificación del ADN por PCR, se comprobó que el ADN extraído fuera lo suficientemente puro y libre de contaminaciones proteicas. Para medir la concentración del ADN se utilizó un espectrofotómetro Cary 100TM (Agilent) bajo los siguientes indicadores: el ADN presenta un máximo de absorbancia a 260 nm (50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ tienen una OD a $260=1$), mientras que las proteínas lo tienen a 280 nm. La pureza se calculó, tomando en cuenta la entre A_{260}/A_{280} . Resultados de entre 1.9 y 1.7, se considera que el ADN es puro.

La amplificación de los fragmentos específicos se realizó por PCR convencional y QC-PCR. La amplificación del mtADN por PCR, se llevó a cabo considerando un volumen final de 50 mL. Para la amplificación de las secuencias seleccionadas se utilizó un programa de termociclado Eppendorf TM (Malasia) el cual consistió en: una etapa de desnaturalización inicial, en la que se mantuvo la mezcla de reacción a 94°C durante 3 minutos para que las dos cadenas de ADN molde se separaran. Posteriormente se sometieron las mezclas de reacción a 32 ciclos de tres etapas cada uno (desnaturalización, alineamiento y extensión) como se muestra a continuación.

Etapa de la reacción	Temperatura	Tiempo	Número de ciclos
Desnaturalización	$94\text{ }^{\circ}\text{C}$	3 min	1
Desnaturalización	$94\text{ }^{\circ}\text{C}$	1 min	32
Alinamiento	$56\text{ }^{\circ}\text{C}$	45 seg	
Extensión	$72\text{ }^{\circ}\text{C}$	45 seg	

Extensión final	72 °C	10 min	1
Refrigeración	4 °C	Stand by	1

Cuando terminaron las reacciones (2.40 min), se procedió a tomar de 10 a 15 µL de los productos PCR de las muestras para ser analizados por electroforesis convencional. Las secuencias nucleotídicas de la especie caballo utilizadas en esta investigación, fueron diseñadas utilizando el programa PRIMER3 (<http://bioinfo.ut.ee/primer3/>). La secuencia específica para caballo obtenida del GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) fue el gen mitocondrial Cit-b. La similitud de las secuencias seleccionadas se analizó aplicando el programa informático BLAST® (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>).

Las secuencias seleccionadas para el diseño de los oligonucleotidos fueron sintetizadas en el laboratorio ProbioTek (Monterrey, México) se muestran a continuación:

Especie	Cebador	Secuencia 5'-3'	Gen
Caballo	Pfw1-Eqca	CTACATCGGTACTACCCTCGTC 22 pb	Mitocondrial Cit-b
	PRv-Eqca	AATGTACGACTACCAGGGCTG 21 pb	

9. Análisis estadísticos

Los resultados obtenidos fueron sometidos a una estadística simple de frecuencias y porcentajes en el paquete estadístico SPSS (versión 2010).

IV. RESULTADOS

IV. 1. Resultados de encuestas sobre conocimiento de venta de carne de caballo

En el Cuadro 2 se presentan los establecimientos muestreados en cada ciudad y los expendios de caballo visitados, el número de muestras totales adquiridas y las muestras que nos aseguraron que eran carne de caballo.

Cuadro 2. Encuestas aplicadas por ciudad.

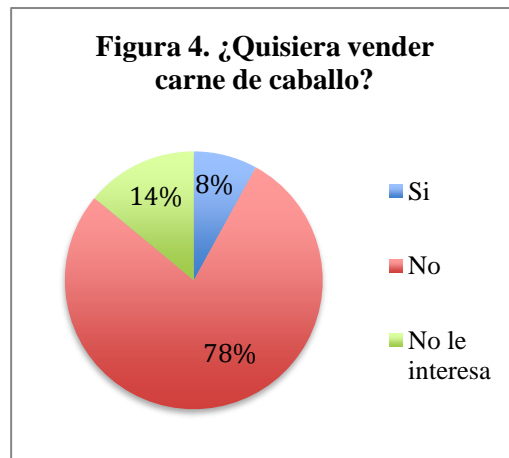
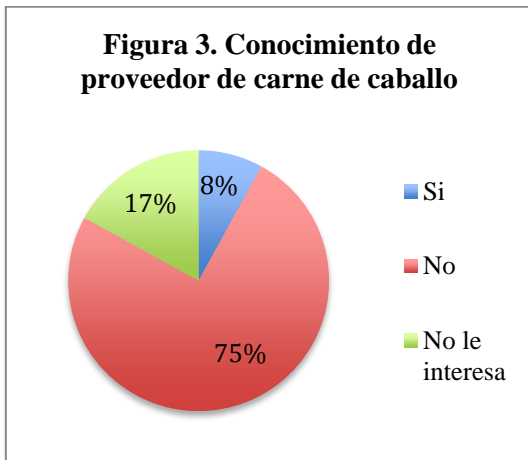
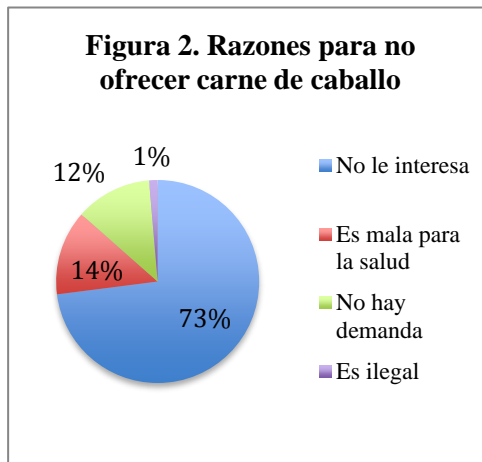
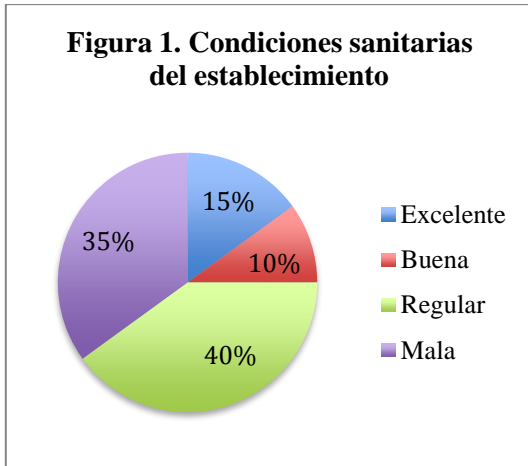
	Encuestas no específicas	Encuestas específicas (Expendios caballos)
Ciudad de México	108	0
Aguascalientes	77	1*
Zacatecas	40	1
Chihuahua	76	3
Pachuca	20	0
San Vicente Chicoloapan	10	0
Total	334	5

**No se ofertaba carne de caballo como tal, fue durante la encuesta que cambió su oferta.*

El muestreo se realizó al azar en las ciudades. Sin embargo, se visitaron a propósito varios establecimientos que oficialmente vendían carne de caballo (Zacatecas, Chihuahua y Aguascalientes) y también otros que son conocidos extraoficialmente (solo en la capital) como lugares de venta de carne de caballo. En general, se hicieron 339 encuestas, de las cuales 334 fueron “no específicas” pues eran lugares donde no vendían carne de caballo y solo 5 encuestas fueron “específicas” pues eran lugares donde oficialmente se vendía dicho producto. Los resultados de ambas encuestas por ciudad se presentan enseguida.

1) Ciudad de México

En la Ciudad de México no se encontraron expendios de carne de caballo, por lo que se realizaron 108 encuestas no específicas a propietarios de negocios de toda la ciudad. Los resultados de las mismas se muestran en las Figuras 1-4.

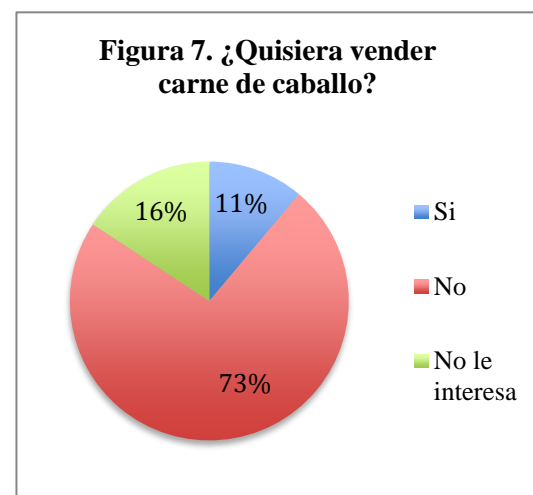
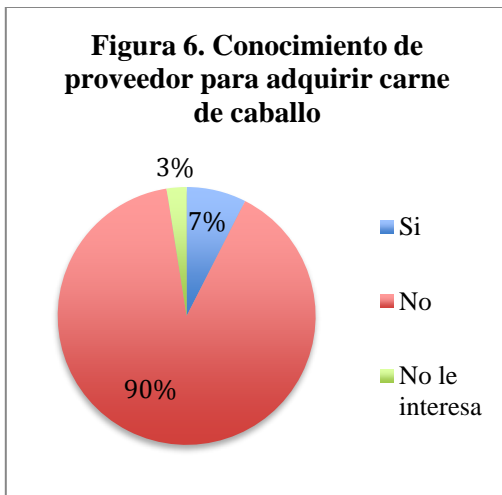
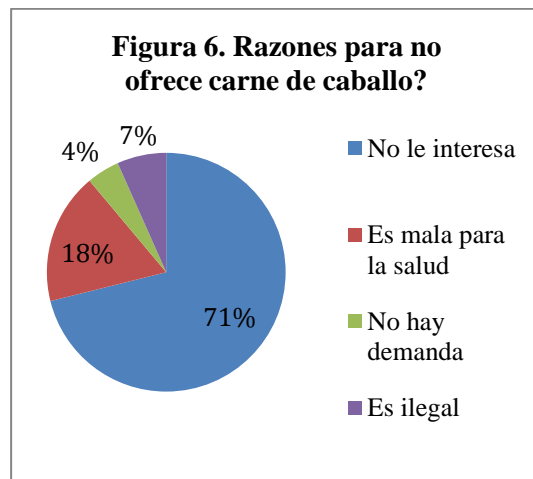
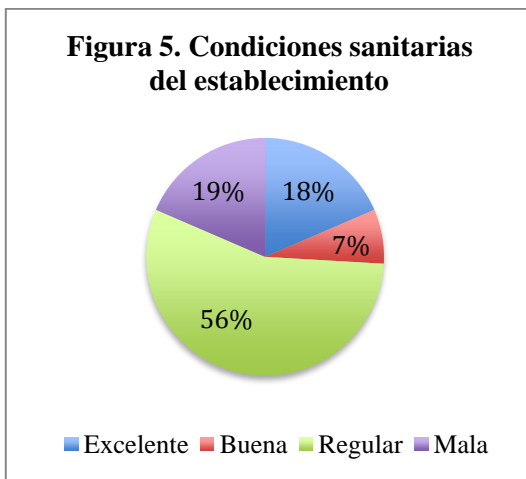


En la Figura 1, se observa que en la ciudad de México 15% de los establecimientos están en excelentes condiciones, en su mayoría los supermercados muestreados. Por otro lado, 50% de los establecimientos, tales como carnicerías y mercados, tienen condiciones sanitarias categorizadas entre buenas y regulares. El resto, 35% de los establecimientos, normalmente los “tianguis” y algunos mercados disponen de condiciones sanitarias malas. La Figura 2 refleja las razones por las que no venden carne de caballo, alrededor de 66% de los encuestados señalaron que es porque no les interesa; el resto considera que es mala para la salud, ilegal o porque no hay demanda. La Figura 3 muestra que 75% de la gente no

conoce proveedores de carne de caballo mientras que en la Figura 4 se muestra que a casi 80% ni siquiera le interesa venderla.

2) Zacatecas

En la ciudad de Zacatecas solo se encontró un expendio de carne de caballo (en el que se hizo una encuesta específica), realizándose un total de 40 encuestas a propietarios de negocios de toda la ciudad (encuestas no específicas). Los resultados de las mismas aparecen en las Figuras 5-8.



La Figura 4 muestra que en esta ciudad, la condición sanitaria fue de excelente a buena en los supermercados y carnicerías, regular en los mercados y mala en los tianguis. En las Figuras 5, 6 y 7, los resultados fueron similares a los obtenidos en la ciudad de México. Se confirma el enorme desinterés por comercializar este tipo de carne en sus establecimientos.

En la Zona Norte (Poniente-Norte) de la ciudad de Zacatecas se localiza un expendio de carne de caballo debidamente identificado como distribuidora de carne de equino “Cavalli”, donde trabajan la carne previamente empacada al vacío y etiquetada. De este lugar no se obtuvieron muestras para prueba de ADN, en primer lugar porque abiertamente se ofrece como carne de caballo y también porque no venden cantidades como las requeridas (tamaño de muestra determinada en la metodología) ofreciendo productos frescos tales como bistec, carne maciza en trozo, molida especial (90-10), molida comercial (80-20) y bistec marinado y enchilado (carne enchilada), además de productos congelados como chuleta tipo *T-bone* embolsada (único producto no empacado al vacío) y medallones de hamburguesa lista para asar o freír, tripas e hígado para taquerías. También ofrecen carne seca como botana y carne enlatada para mascotas.

El producto de este expendio proviene del rastro TIF de Fresnillo, donde se matan en promedio 1,800 equinos al mes. La distribuidora es de los propietarios de la empacadora que procesa en el rastro. En entrevista señalaron que sus ventas eran escasas por el veto de la Unión Europea, lo que explica por qué se instalaron dos expendios en la ciudad de Zacatecas, uno en la zona de La Condesa, manejado por los dueños de la empacadora, y otro en el centro de Zacatecas (lugar que no se encontró activo), con lo que se dio salida a su producto directo al consumidor final.

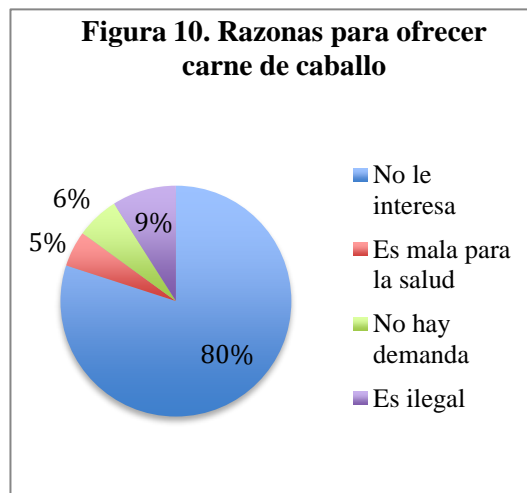
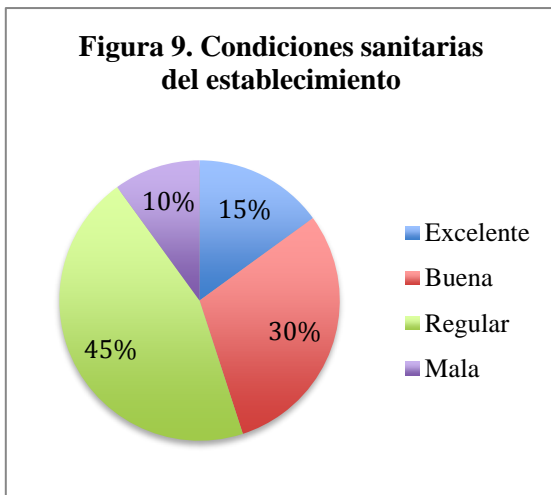
En 2015, como resultado de las discusiones en una mesa redonda con un panel de especialistas involucrados en la producción, matanza y distribución de carne de esta especie, sus ventajas y desventajas, transmitida a través de medios informativos locales de Zacatecas (radio y televisión), las ventas aumentaron hasta 30 por ciento, con respecto al año anterior.

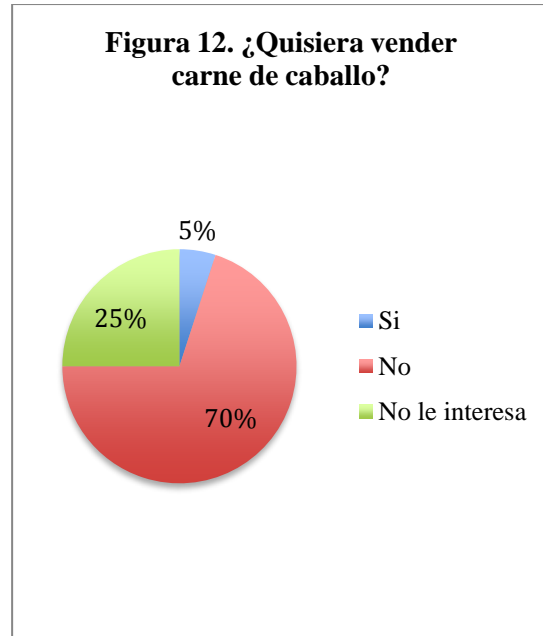
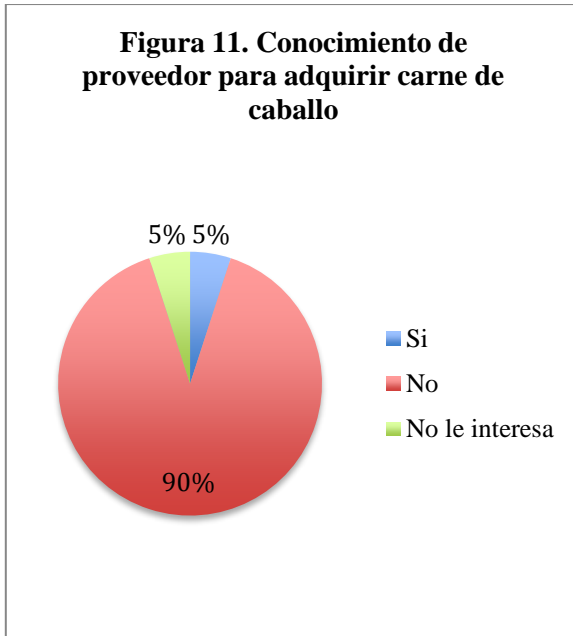
La actividad de la *Empacadora de Carnes de Fresnillo, S.A. de C.V.* se centra básicamente en el acopio de ganado equino proveniente de todo el estado de Zacatecas y estados vecinos (Durango, San Luis Potosí y Coahuila); esto representa 10% del total de la matanza, el resto es de animales importados de Estados Unidos para su exportación a Vietnam, Japón y Rusia, además de abastecer sus expendios de venta al menudeo en las ciudades de Fresnillo y Zacatecas. Se aprovecha el animal entero; aparte de la carne obtenida, se elaboran otros subproductos como alimento para mascotas, carne seca, con la piel y el pelo se hacen brochas, pinceles y artículos de cuero.

Sus principales compradores en los expendios son amas de casa, porque según la distribuidora, los vendedores de comida preparada y antojitos en tianguis la consiguen principalmente con proveedores que comercializan canales de equino, obtenidas en rastros municipales o clandestinos.

3) Aguascalientes

En la ciudad de Aguascalientes solo se encontró un expendio de carne de res y de caballo (donde se aplicó la encuesta específica) y se visitaron 77 establecimientos cárnicos, en los cuales se aplicaron las encuestas no específicas a propietarios de negocios por toda la ciudad. Los resultados de las mismas se muestran en las Figuras 9-12.

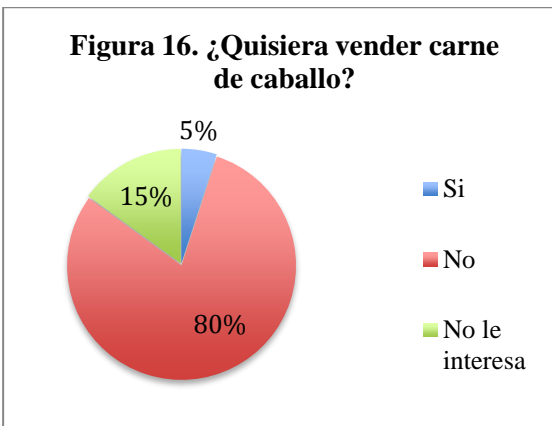
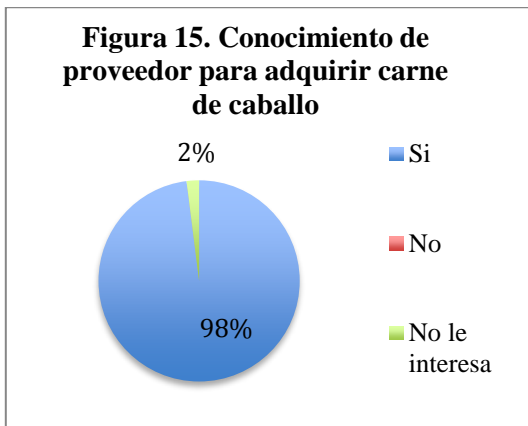
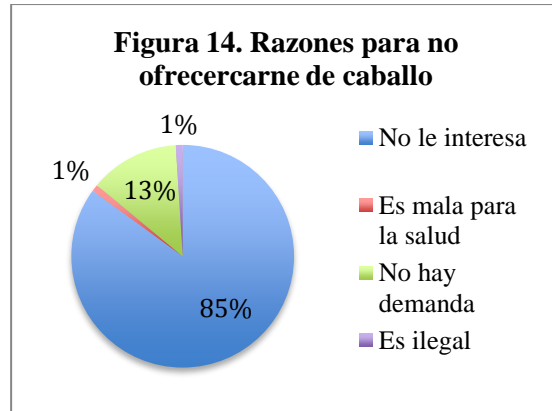
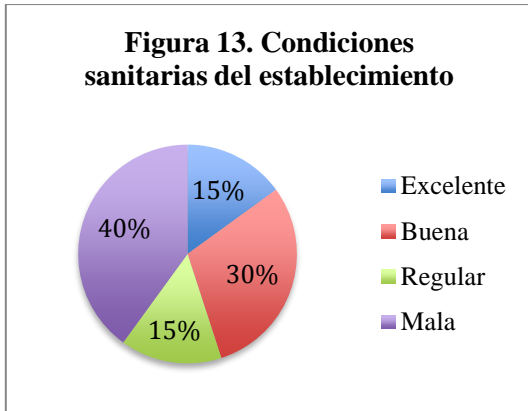




En la Figura 9 se muestra una mejor higiene en los establecimientos de esta ciudad en general, exceptuando los tianguis, clasificados con mala higiene. En general, en Aguascalientes a los distribuidores de carne tampoco les interesa vender carne de equino (Figuras 10, 11 y 12).

4) Chihuahua

En la ciudad de Chihuahua se visitaron 79 establecimientos, solo se encontraron 3 expendios de carne de caballo, donde se aplicaron las encuestas específicas. En los 76 restantes se aplicaron las encuestas no específicas a los propietarios de negocios por toda la ciudad. Los resultados de las mismas se muestran en las Figuras 13-16.



En la Figura 13, los supermercados tienen condiciones sanitarias excelentes, mientras que para los demás establecimientos es de buena a mala, sobre todo porque se mezclan los productos de la carnicería con otros negocios, tales como abarrotes y recaudería. El desinterés por vender carne de caballo es elevado (Figuras 14 y 16). Sin embargo, destaca que en su mayoría los negocios sí conocen a proveedores de carne de caballo, lo que la hace una ciudad especial en este respecto (Figura 15). Las carnicerías que venden carne de caballo de rastro TIF, se encuentran en la calle 4ª del centro de la ciudad. En un espacio de no más de 100 metros, hay otras cuatro carnicerías donde, según la encargada del rastro municipal “Sanher”, también se vende este tipo de carne haciéndola pasar por carne de res económica.

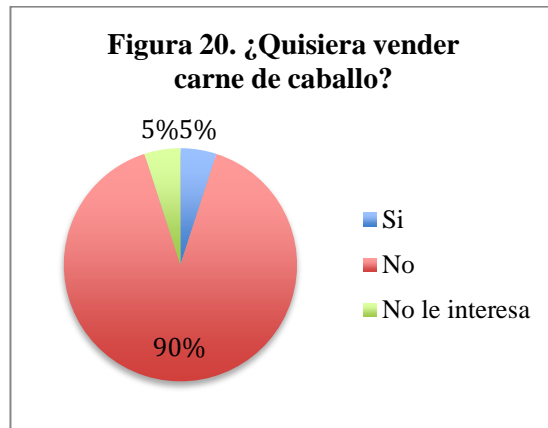
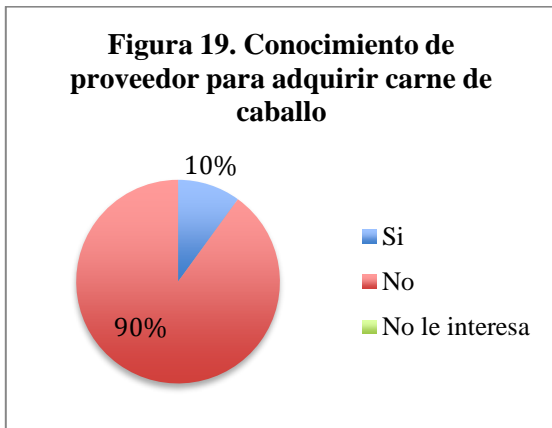
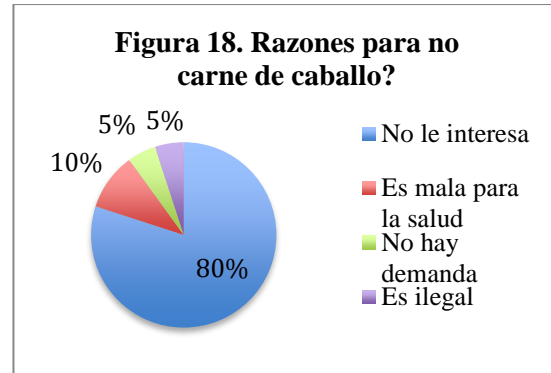
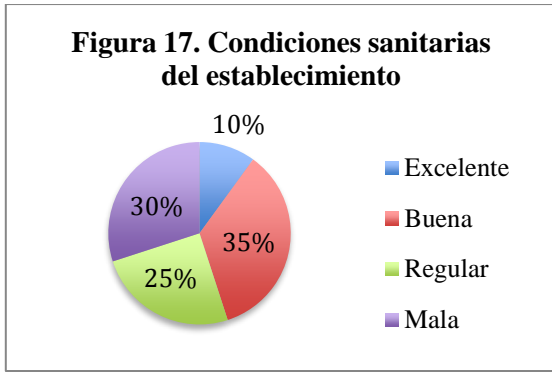
A diferencia de los resultados en otras ciudades donde se realizó el muestreo, los negocios conocen y aceptan que no hay problema alguno por comercializar carne de equino, incluso se obtuvieron datos de los dos rastros visitados.

En el TIF-366 con autorización para matanza de bovinos, cerdos y équidos, ubicado al oriente de la ciudad, se matan 2,200 equinos al mes en promedio. Esta cifra aumenta hasta 20% al inicio de la temporada de secas, para evitar que pierdan peso los animales por escasez de alimento y hasta 40% en invierno. La mayoría de los caballos sacrificados en esta planta provienen de Estados Unidos. La carne que se expende es en su mayoría mercancía de exportación hacia países asiáticos principalmente y solo una pequeña parte se distribuye en Ciudad Juárez. Una mínima parte de la matanza en el rastro es de animales provenientes de la sierra de Chihuahua y de estados vecinos, especialmente Durango. La carne de procedencia nacional se distribuye por toda la ciudad en varios establecimientos que venden este tipo de carne, ya sea cruda o preparada de múltiples maneras para consumo local, sin mencionar que es de caballo.

Al mismo tiempo se visitó el rastro municipal “Sanher” con permiso para matanza de equinos y bovinos ubicado en la vialidad Juan Pablo Segundo al oriente de la ciudad. Según la encargada, se matan 350 équidos al mes en promedio con un aumento de 15% en la temporada de secas y 25% en invierno; el ganado proviene de la sierra del mismo estado y en menor medida, de Durango. La carne es exclusiva para abasto de los negocios de la misma ciudad, que venden tanto carne cruda como cocinada de múltiples maneras, que al igual que la procedente del rastro TIF, no se oferta como carne de caballo.

5) Pachuca

En la ciudad de Pachuca se muestrearon 20 establecimientos y no se encontraron expendios de carne de caballo, por lo que se realizaron 20 encuestas no específicas a propietarios de negocios de toda la ciudad. Los resultados de las mismas se muestran en las Figuras 17-20.



La condición sanitaria del 55% de los establecimientos en Pachuca es de regular a mala (Figura 17). Las Figuras 18, 19 y 20 reflejan el desconocimiento sobre el tema y desinterés de los encargados y dueños de comercios por vender este tipo de carne.

6) San Vicente Chicoloapan

En San Vicente Chicoloapan se tomaron muestras de 10 establecimientos y no se encontraron expendios de carne de caballo, por lo que se realizaron 10 encuestas no específicas a propietarios de negocios de toda la ciudad. Los resultados de las mismas se encuentran en las Figuras 21-24.

Figura 21. Condiciones sanitarias del establecimiento

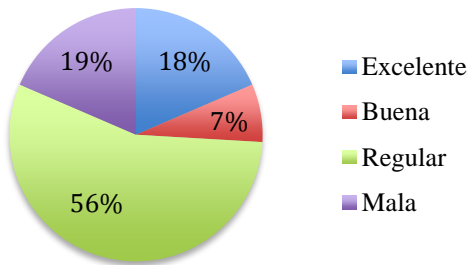


Figura 22. Razones para no ofrecer carne de caballo

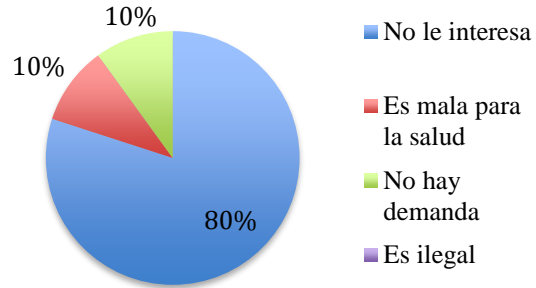


Figura 23. Conocimiento de proveedor para adquirir carne de caballo

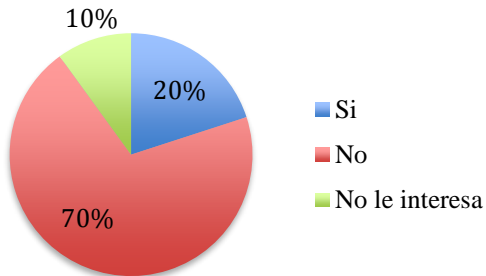
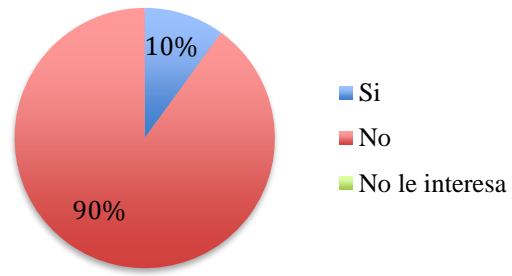


Figura 24. ¿Quisiera vender carne de caballo?



La Figura 21 muestra que 75% de los establecimientos visitados tienen de regular a mala higiene. Durante el muestreo se comprobó una mayor higiene en los comercios establecidos, teniendo los tianguis la peor calificación en este rubro. Al igual que en la mayoría de las ciudades muestreadas, hay un elevado desinterés de los comerciantes por ofrecer y distribuir la carne de caballo en sus establecimientos (Figuras 22, 23 y 24).

IV. 2. Resultados de PCR en ADN de muestras de carne cruda y cocinada

Con la técnica molecular de PCR se obtuvo confirmación positiva para ADN de en 43 de las 433 muestras obtenidas en las distintas ciudades mencionadas en la metodología, lo que supone 9.93% (Cuadro 3).

A continuación presentamos los resultados de la distribución de muestras positivas por ciudad, en función del tipo de muestra y del tipo de establecimiento donde se adquirió.

Cuadro 3. Muestras seleccionadas y analizadas por ciudad.

	Muestras totales adquiridas	Muestras adquiridas que dijeron que era caballo
Ciudad de México	96	(0)
Aguascalientes	74	(4)
Zacatecas	56	(0)
Chihuahua	133	(5)
Pachuca	34	(0)
SVC, Edo Mex	40	(0)
Total	433	(9)

**No se ofertaba carne de caballo como tal, fue durante la encuesta que cambio su oferta.*

Cuadro 4. Muestras positivas a caballo por ciudad.

	Muestras totales adquiridas / Muestras recolectadas en establecimientos que expenden carne de caballo, en paréntesis ()	Muestras positivas a carne de caballo	Porcentajes de muestras positivas
Ciudad de México	96 (0)	12 (0)	12.5 (0)
Zacatecas	56 (0)	4 (0)	7.14 (0)
Aguascalientes	74 (4)	8 (3)	10.81 (75)
Chihuahua	133 (5)	15 (5)	11.28 (100)
Pachuca	34 (0)	4 (0)	11.76 (0)
SVC	40 (0)	0 (0)	0 (0)
Total	433 (9)	43 (8)	9.93 (89)

El Cuadro 4 muestra que el mayor porcentaje de muestras positivas (entre 10 y 13%) se encontró en cuatro de las ciudades donde se hicieron las encuestas (Aguascalientes, Chihuahua, la ciudad de México y Pachuca). Un porcentaje menor de muestras se encontró en Zacatecas y ninguno en San Vicente Chicoloapan.

Cuadro 5. Distribución de muestras positivas a carne de caballo por tipo de carne.

	Muestras analizadas	Muestras positivas (carne de caballo)	% muestras positivas
Bistec	146	10	6.85
Molida	150	18	12.00
Tacos	62	8	12.90
Burritos	14	4	28.60
Otros	61	3	4.92
TOTAL	433	43	9.93

El Cuadro 5 muestra que los burritos son el tipo de muestra más usado para mezclar con carne de caballo (21%).

Cuadro 6. Distribución de muestras positivas a carne de caballo por tipo de establecimiento.

	Muestras analizadas	Muestras positivas a carne caballo	% muestras positivas
Supermercados	70	0	0
Mercado	106	11	10.38
Carnicerías	146	17	11.64
Tianguis	78	9	11.54
Otros	33	6	18.20
TOTAL	433	43	9.93

El Cuadro 6 muestra que no hubo muestras positivas a carne de caballo en los supermercados seleccionados, mientras que la distribución de muestras que arrojaron resultados positivos es similar en el resto de los establecimientos. El número total de muestras positivas (ADN de caballo) en cada ciudad, por tipo de establecimiento y de producto, se muestra enseguida.

IV.3. Resultados positivos por ciudad, tipo de carne y establecimiento

1) Ciudad de México

En la ciudad de México se analizaron 96 muestras y 12 de las mismas fueron positivas a carne de caballo, es decir 12.5% (Cuadro 7). La única zona de la ciudad de México donde no se encontraron muestras positivas fue en la Nor-Poniente. En la Nor-Oriente se encontró 1, en la Sur-Poniente 2 y en la Sur-Oriente 7.

Cuadro 7. Distribución de muestras positivas a carne de caballo en la ciudad de México.

Distribución de muestras positivas en la ciudad de México					
Tipo de carne	Numero	%	Lugar Compra	Numero	%
Bistec	2	17	Supermercado	0	0
Molida	5	42	Mercado	4	33.3
Tacos	4	33	Carnicería	3	25
Tacos dorados /burritos	1	8	Tianguis	4	33.3
Otro	0	0	Lonchería y Antojitos	1	8.4

2) Aguascalientes

De Aguascalientes se analizaron 74 muestras, y ocho de las mismas fueron positivas a carne de caballo, lo que supone el 10.81% (Cuadro 8).

Cuadro 8. Distribución de muestras positivas a carne de caballo en Aguascalientes.

Distribución de muestras positivas en Aguascalientes					
Tipo de carne	Numero	%	Lugar Compra	Numero	%
Bistec	1	12.5	Supermercado	0	0
Molida	5	62.5	Mercado	5	62.5
Tacos	2	27	Carnicería	1	12.5
Tacos dorados/burritos	0	0	Tianguis	2	25
Otro	0	0	Lonchería y Antojitos	0	0

3) Zacatecas

En Zacatecas se tomaron 56 muestras y cuatro de las mismas fueron positivas a carne de caballo, es decir 7.14% (Cuadro 9).

Cuadro 9. Distribución de muestras positivas a carne de caballo en Zacatecas.

Distribución de muestras positivas en Zacatecas					
Tipo de carne	Numero	%	Lugar Compra	Numero	%
Bistec	0	0	Supermercado	0	0
Molida	3	75	Mercado	1	25
Tacos	0	0	Carnicería	3	75
Tacos dorados/burritos	1	25	Tianguis	0	0
Otro	0	0	Lonchería y Antojitos	0	0

4) Chihuahua

En Chihuahua se tomaron 133 muestras y 15 de las mismas fueron positivas a carne de caballo, es decir 11.28% (Cuadro 10).

Cuadro 10. Distribución de muestras positivas a carne de caballo en Chihuahua.

Distribución de muestras positivas en la Ciudad de Chihuahua					
Tipo de carne	Numero	%	Lugar Compra	Numero	%
Bistec	6	40	Supermercado	0	0
Molida	5	33.3	Mercado	0	0
Tacos	1	6.7	Carnicería	10	73.3
Tacos dorados/burritos	2	13.3	Tianguis	3	20
Otro	1	6.7	Lonchería y Antojitos	1	6.7

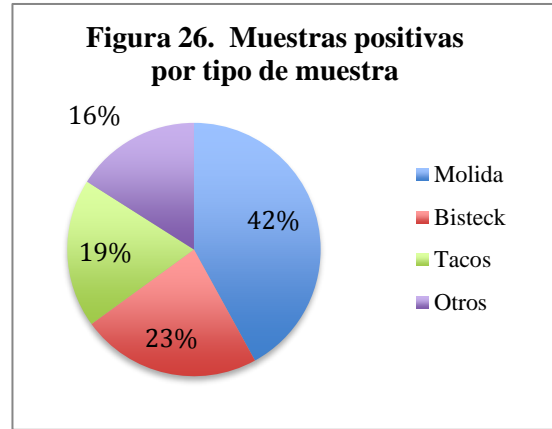
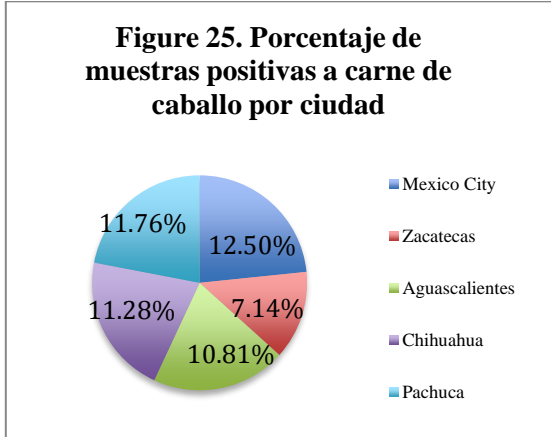
5) Pachuca y San Vicente Chicoloapan

En Pachuca se tomaron 34 muestras y cuatro de las mismas fueron positivas a carne de caballo, es decir 11.76% (Cuadro 11). En San Vicente se colectaron 40 muestras que todas dieron negativas.

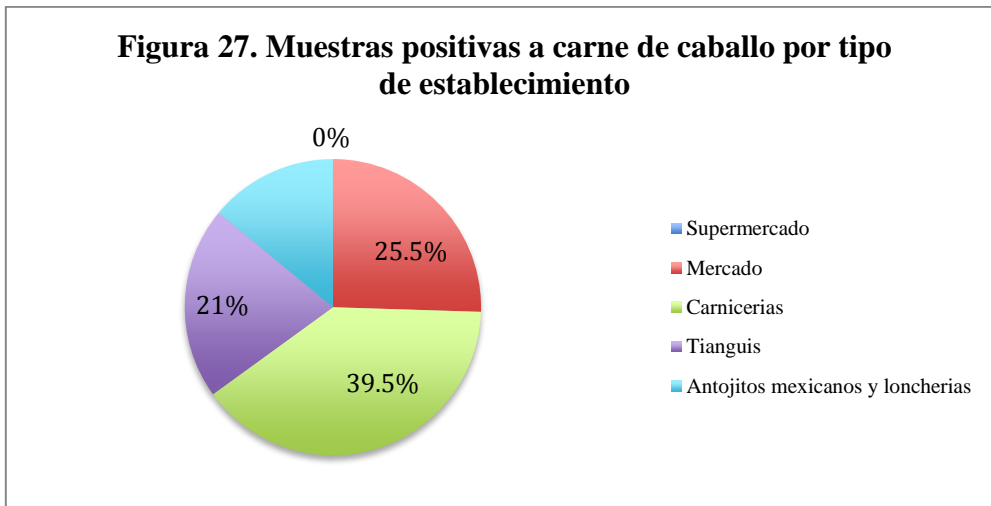
Cuadro 11. Distribución de muestras positivas a carne de caballo en Pachuca.

Distribución de muestras positivas en Pachuca					
Tipo de carne	Numero	%	Lugar Compra	Numero	%
Bistec	1	25	Supermercado	0	0
Molida	0	0	Mercado	1	25
Tacos	1	25	Carnicería	0	0
Tacos dorados	0	0	Tianguis	0	0
Otro	2	50	Lonchería, Antojitos	3	75

En resumen, como muestra la Figura 25, del total de muestras positivas: 12.50% se encontraron en la ciudad de México, 11.76% en Pachuca, 11.28% en Chihuahua, 10.81% en Aguascalientes y 7.14% en Zacatecas.¹⁵



De todos los tipos de carne muestreados positivas, 42% fueron en carne molida, 23% en bistec, mientras que los tacos, la carne deshebrada usada en burritos y otras representaron 19% y 16% respectivamente de las muestras positivas. Debe considerarse que 77% de las muestras positivas se encontraron en carne procesada (carne molida, carne para tacos y burritos, y otros).



Como muestra la Figura 27, aparte de los supermercados, las muestras que dieron positivo a ADN de caballo se encontraron en todos los negocios visitados. El uso de la carne de

¹⁵ El número de muestras se escogió según la población total de las ciudades y su consumo total de carne.

caballo como sustituto de carne de res y de otras carnes es una práctica común en mercados, carnicerías y mercados ambulantes de las ciudades donde las muestras se recolectaron.

IV.4. Análisis de clenbuterol

Un estudio complementario se realizó con las muestras que arrojaron resultados positivos a carne de caballo (43) en el Laboratorio Noxgen en México para identificar específicamente un residuo tóxico potencial (clenbuterol) en la carne de équido. Los aparatos disponibles en el laboratorio no permitieron analizar el análisis de carne cocinada y por este motivo se usaron únicamente en las muestras de carne cruda (29), provenientes de cuatro de las seis ciudades originales (Aguascalientes, Zacatecas, Chihuahua y la ciudad de México).

El clenbuterol o hidrocloreto de clenbuterol es un β -agonista del grupo de los adrenérgicos, cuyo nombre químico es 4-amino-3,5 dicloro- α -terbutil-aminometil-bencil alcohol, presenta una estructura química parecida a las catecolaminas como la adrenalina y noradrenalina. Al principio se utilizó en veterinaria debido a su acción broncodilatadora, descongestionante y tocolítica. Posteriormente, se descubrió que a dosis diez veces superiores a las terapéuticas, presentaban una acción anabolizante, favoreciendo la síntesis de proteína y disminuyendo la de grasa, lo que dio lugar a la denominación de este grupo como “agentes repartidores de energía”.

El clenbuterol se distribuye en casi todos tejidos debido a la ubicación de los β -adrenoreceptores. En la mayoría de las investigaciones sobre residuos de clenbuterol en tejidos de ganado bovino, coinciden que los niveles máximos de residuos se encuentran en ojo, hígado, riñones, y pulmones mientras que en el músculo y la grasa presentan los niveles más bajos.¹⁶ El método de detección solo permite descubrir la forma pura del fármaco, ya que sus metabolitos no son de preocupación toxicológica.

El uso de clenbuterol en alimentos de origen animal tiene efectos negativos potencialmente dañinos para la salud humana. El programa de base de datos para evitar residuos en comida de origen animal (Food Animal Residue Avoidance Databank, FARAD en inglés) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos ha establecido restricciones

¹⁶ L. Sumano, H., L. Ocampo C. y L. Gutiérrez O., “Clenbuterol y otros β -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública”, *Revista Veterinaria México* 33 (2002), pp. 137-159.

para su uso. En la actualidad, el clenbuterol se ha usado en animales destinados a la alimentación “para engorda y aumento de la masa corporal. Dosis altas del fármaco son necesarias para estos efectos, lo que puede haber sido uno de los factores que condujo a la hospitalización registrada de más de 1,200 personas y la muerte de tres en Francia y España, relacionadas con residuos de clenbuterol en el hígado de animales”. Aún más, muchos seres humanos han desarrollado síntomas de toxicosis como temblores musculares, taquicardia y palpitaciones cardíacas.¹⁷

Según la FAO, el valor máximo de ingesta diaria admisible de clenbuterol para una persona de 60 kilogramos es de 0.240 microgramos. En animales de abasto el límite máximo de residuo (LMR) para este fármaco, tanto en ganado bovino como en caballos es de 0.2 microgramos/kg para músculo y grasa, 0.6 microgramos/kg para hígado y riñón, y 0.05 microgramos/litro para leche de ganado.¹⁸ El hígado es el tejido comestible que contiene las concentraciones de residuos más altas. Cocinar la carne reduce la presencia del fármaco de manera poco significativa.¹⁹

Por lo anterior, en algunos países, el uso del clenbuterol está prohibido para alimentar al ganado que se destina al consumo humano. En México hay tres leyes generales al respecto:

1. *NOM-194-SSA1-2004 Especificaciones Sanitarias en los Establecimientos Dedicados al Sacrificio y Faenado de Animales para Abasto, Almacenamiento, Transporte y Expendio*, señala que “Los productos de ganado bovino deben estar libres de clenbuterol” y para su detección “se debe aplicar el método de ensayo inmuno enzimático” (este es exactamente el que se ha usado para este estudio).
2. *NOM-061-ZOO-1999, Especificaciones Zoosanitarias de los Productos Alimenticios para Consumo Animal*. De acuerdo con esta norma, “la utilización del clenbuterol está prohibida, así como la de todos aquellos ingredientes y/o aditivos alimenticios que comprobadamente puedan ser nocivos para la salud

¹⁷ J. L. Davis, G.W. Smith, R. E. Baynes, L.A Tell, A. I. Webb, y J.E. Riviere, “FARAD Digest. Update on drugs prohibited from extralabel use in food animals”, *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 5 (2009), 529-530. <http://www.farad.org/publications/digests/092009ProhibitedDrugsUpdated.pdf> [Recuperado el 15 de noviembre de 2016].

¹⁸ FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, “Clenbuterol. Maximum Residue Limits”, *Residues of some veterinary drugs in animals and foods. FAO Food and Nutrition Paper*, 41/9 (1997), <http://www.fao.org/docrep/W4601E/w4601e06.htm> [Recuperado el 15 de noviembre de 2016].

¹⁹ J. L. Davis *et al*, *ibid*.

pública o representen riesgo zoonosario, y que no cuenten con el soporte técnico correspondiente para su empleo en la nutrición de los animales”.

3. *NOM-065-ZOO-2003, Especificaciones Técnicas para la Erradicación del Uso de Beta-agonistas no Autorizados en los Animales*. Esta Norma es de observancia obligatoria y es aplicable a todas las personas que participen en la actividad ganadera incluyendo los establecimientos destinados al sacrificio de animales y a todos aquellos que produzcan, manufacturen, fabriquen, maquilen, elaboren, preparen, acondicionen, almacenen, transporten, trafiquen, comercialicen, importen, suministren y/o utilicen, aun gratuitamente formulaciones de beta-agonistas no autorizados en los animales. Declara: Queda prohibida la producción, manufactura, fabricación, elaboración, preparación, acondicionamiento, almacenamiento, transportación, tráfico, comercialización, importación, suministro y/o utilización de formulaciones de beta-agonistas que no cuenten con la autorización que la Secretaría otorga a través del registro.

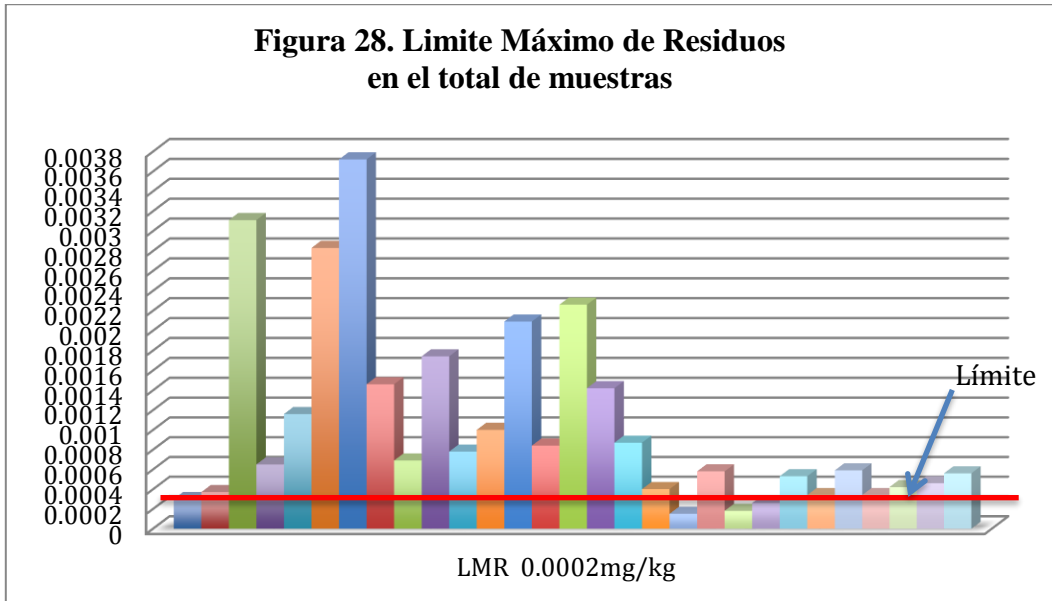
En 2014, el gobierno federal mexicano publicó en el Diario Oficial de la Federación el acuerdo más actualizado para establecer los criterios para determinar los LMR en bienes de origen animal.²⁰ La finalidad de este acuerdo era “contar con un programa eficaz y confiable de control de residuos tóxicos y contaminantes para poder participar con mayor confianza en el comercio nacional e internacional de alimentos”. Como resultado, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de la Sagarpa elaboró una tabla nacional de LMR. En este documento adicional se fija un límite de tolerancia cero para el clenbuterol en ganado équido (músculo, grasa, hígado y riñones).²¹

El análisis de clenbuterol realizado revela que ninguna de las muestras enviadas al laboratorio cumplen con estos requisitos. Las Figuras 28 y 29 que se muestran abajo

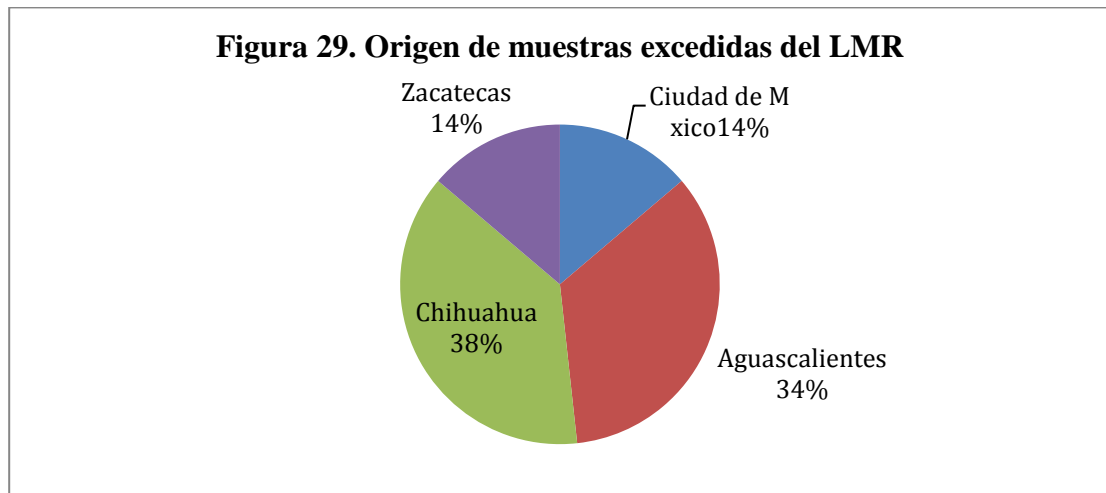
²⁰ Secretaría de Gobernación, *Diario Oficial de la Federación*, “Acuerdo por el que se establecen los criterios para determinar los límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes, de funcionamiento de métodos analíticos, el Programa Nacional de Control y Monitoreo de Residuos Tóxicos en los bienes de origen animal, recursos acuícolas y pesqueros, y Programa de Monitoreo de Residuos Tóxicos en animales, así como el módulo de consulta, los cuales se encuentran regulados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación”, 9 de octubre de 2014.

²¹ Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, “Límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes”, December 2014, <http://publico.senasica.gob.mx/?id=6351> [Recuperado el 15 de noviembre de 2016].

ilustran estos resultados. La Figura 28 muestra la cantidad de residuos de clembuterol por muestra positiva a caballo. Todas estas muestras fueron de carne fresca adquirida en las diversas ciudades y establecimientos muestreados. Como se observa en la misma, todas las muestras, excepto dos, exceden incluso el LMR permitido por la FAO para consumo humano. El LMR es de 0.2 µg/kg, lo que indica que solo 2 muestras positivas no exceden este límite.



En la Figura 29 se observa el porcentaje de muestras que superan el LMR (establecido por la FAO) por ciudad, es decir, del total de muestras que exceden el límite: 38% son de Chihuahua, 34% de Aguascalientes, 14% de la ciudad de México y el 14% restante de Zacatecas.



V. CONCLUSIONES

Este estudio se basa en investigaciones anteriores y pretende contribuir a subsanar la falta de información sobre la sustitución de especies en productos cárnicos en países en desarrollo, y en México en particular. Sin embargo, son necesarios estudios complementarios exhaustivos para indagar más a fondo sobre los diferentes problemas que supone el etiquetado incorrecto en México.

Los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas en las seis ciudades constatan la falta de interés por la venta de este tipo de carne. La misma situación se presenta en el escaso conocimiento de dónde adquirir esta carne. Esto se debe a varias razones, principalmente:

1. La creencia de la ilegalidad de ofrecer carne de equino para consumo humano.
2. Las suposiciones del daño potencial que representa la carne de esta especie para el consumo humano.
3. Como en otros países, la asociación de la pobreza y bajo nivel social, con el consumo de ésta.

Estas razones predominan en las seis ciudades de este estudio, a pesar de que en los estados del norte del país, se sabe que se permite su venta y que el consumidor habitual la acepta. El estudio ha mostrado que la venta de carne de caballo como sustituto de res es una práctica común, que se encuentra en la mayoría de los establecimientos, con la excepción de los supermercados, en casi todas las ciudades muestreadas, excepto en San Vicente Chicoloapan, y en todos los tipos de carnes que se han seleccionado.

Un elevado porcentaje, 9.93% de muestras positivas, de carne de caballo se comercializa en los puntos de venta lo cual representa un fraude al consumidor y los expone quizá a riesgos de salud potenciales, como queda constatado por el hecho de que 93.10% de las muestras seleccionadas excedieron el LMR para el clenbuterol –establecido por la FAO– y 100% –según el límite de tolerancia cero de las leyes mexicanas, lo que muestra que los consumidores mexicanos podían estar expuestos a riesgos potenciales de salud.

VI. REFERENCIAS

COMISIÓN EUROPEA, *Final report of an audit carried out in Mexico from 24 June to 04 July 2014 in order to evaluate the operation of controls over the production of fresh horse meat and meat products intended for export to the European Union, including monitoring of residues and contaminants as well as certification procedures, DG (SANCO), 2014-7223 – MR FINAL*, 2014, p. 7.

COWAN, Tadlock, “Horse Slaughter Prevention Bills and Issues”, *CRS Report for Congress*, 28 June 2013, p. 8.

DAVIS, J. L., G.W. Smith, R. E. Baynes, L.A Tell, A. I. Webb, y J.E. Riviere, “FARAD Digest. Update on drugs prohibited from extralabel use in food animals”, *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 5 (2009), pp. 529-530. <http://www.farad.org/publications/digests/092009ProhibitedDrugsUpdated.pdf> [Recuperado el 15 de noviembre de 2016].

FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, *FAOSTAT Statistics Database*, “Livestock Primary Meat Horse”, <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QL/E> [Recuperado el 28 de octubre de 2016].

FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, *Codex Alimentarius Commision. Maximum Residue Limits for Veterinary Drugs in Foods (Updated as at the 35th Session of the Codex Alimentarius Commision)*, Roma, Julio de 2012. ftp://ftp.fao.org/codex/weblinks/MRL2_e_2012.pdf

FAO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, “Clenbuterol. Maximum Residue Limits”, *Residues of some veterinary drugs in animals and foods. FAO Food and Nutrition Paper*, 41/9 (1997), <http://www.fao.org/docrep/W4601E/w4601e06.htm> [Recuperado el 15 de noviembre de 2016].

FLORES MUNGUÍA, M.E., M.C. Bermúdez-Almada y L. Vázquez Moreno, “A research note: detection of adulteration in processed traditional meat products”, *Journal of Muscle Foods*, 11 (2000), pp. 319-325.

FINANCIERA RURAL, *Carne de caballo. Contexto nacional*, 2012.

GONZÁLEZ, H.G., D. Mota-Rojas, M. Becerril-Herrera, C. Casas-García, M. Zermeño, R. Ramírez-Necoechea, J.A. Toca-Ramírez, C. Lemus, J. Toca-Ramírez, y M. Alonso-Spillsbury, “Horse Meat for Human Consumption in México: Slaughter Performance and Carcass Morphometry”, *Journal of Food Technology*, 106-110.

HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, J.F., *Identificación y cuantificación de especie cárnica en productos cárnicos procesados térmicamente mediante el uso combinado de electroforesis capilar y técnicas moleculares* [tesis], México, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., 2006.

HERNÁNDEZ-CHÁVEZ, J.F., A.F. González-Córdova, R. Rodríguez-Ramírez y B. Vallejo-Córdoba, “Development of a polymerase chain reaction and capillary gel electrophoresis method for the detection of chicken or turkey meat in heat-treated pork meat mixtures”, *Analytica Chimica Acta*, 708 (2011), pp. 146-154.

KANE, D.E. y R. S. Hellberg, “Identification of species in ground meat products sold on the U.S. commercial market using DNA-based methods”, *Food Control*, 59 (2016), pp. 158-163.

PARAMETRÍA: INVESTIGACIÓN ESTRATÉGICA, *Carta Paramétrica. Consumo de carne de caballo*, 2015.

SECRETARÍA DE ECONOMÍA, *SIAMI Sistema de Información Arancelaria Vía Internet*, <http://www.economia-snci.gob.mx/> [Recuperado el 28 de octubre de 2016].

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN, *Diario Oficial de la Federación*, “Acuerdo por el que se establecen los criterios para determinar los límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes, de funcionamiento de métodos analíticos, el Programa Nacional de Control y Monitoreo de Residuos Tóxicos en los bienes de origen animal, recursos

acuícolas y pesqueros, y Programa de Monitoreo de Residuos Tóxicos en animales, así como el módulo de consulta, los cuales se encuentran regulados por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación”, 9 de octubre de 2014.

SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD, INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA DE LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN, “Límites máximos de residuos tóxicos y contaminantes”, Diciembre de 2014, <http://publico.senasica.gob.mx/?id=6351> [Recuperado el 15 de noviembre de 2016].

SUMANO L., H., L. Ocampo C. y L. Gutiérrez O., “Clenbuterol y otros β -agonistas, ¿una opción para la producción pecuaria o un riesgo para la salud pública”, *Revista Veterinaria México*, 33 (2002), pp. 137-159.

USDA - DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS, *Foreign Agricultural Service*, “FAS Agricultural Import Aggregations and HS-10 Digit Import Commodities (Live Horses for Immediate Slaughter)”, <http://www.fas.usda.gov/data> [Recuperado el 3 de noviembre de 2016].

ANEXO 1. Ciudades, establecimientos y localización de estos en cada ciudad donde se compró carne.

CIUDAD DE MÉXICO

Nor- Poniente	ZONA A	Ciudad de México
Establecimiento	Delegación	Nombre del lugar
Mercado	Azcapotzalco	Laminadores
Mercado	Benito Juárez	La Postal
Tianguis	Cuauhtémoc	Santa María La Rivera
Tianguis	Gustavo A. Madero (GAM)	Politécnico
Tianguis	Benito Juárez	La Moderna
Supermercado	Azcapotzalco	Soriana Cuitláhuac
Supermercado	Cuauhtémoc	Wal-Mart Buenavista
Carnicería	Azcapotzalco	Súper Carnicería la Dalia
Carnicería	Benito Juárez	La Única
Nor- Oriente	ZONA B	Ciudad de México
Establecimiento	Delegación	Nombre del lugar
Mercado	GAM	Rastro
Mercado	GAM	San Felipe de Jesús
Mercado	Venustiano Carranza	Merced
Tianguis	Venustiano Carranza	Aluminio
Tianguis	GAM	Guadalupe- Tepeyac
Supermercado	GAM	Chedraui Coyol
Supermercado	GAM	Bodega Comer. Mex. Sn. Juan A.
Carnicería	GAM	Luis Antonio
Carnicería	Venustiano Carranza	Refugio
Carnicería	Iztacalco	La Chiquita
Sur- Poniente	ZONA C	Ciudad de México
Establecimiento	Delegación	Nombre del lugar
Mercado	Magdalena Contreras	Cerro del Judío
Mercado	Álvaro Obregón	Olivar del Conde

Tianguis	Álvaro Obregón	Plateros
Tianguis	Magdalena Contreras	El Tanque
Supermercado	Álvaro Obregón	Bodega Aurrera Centenario
Supermercado	Álvaro Obregón	Wal-Mart Plateros
Supermercado	Álvaro Obregón	Mega Comercial Mexicana San Jerónimo
Carnicería	Magdalena Contreras	Carnicería y Pollería
Carnicería	Álvaro Obregón	La Súper
Carnicería	Álvaro Obregón	La Gloria

Sur- Oriente	ZONA D	Ciudad de México
Establecimiento	Delegación	Nombre del lugar
Mercado	Xochimilco	Mercado de Xochimilco
Mercado	Tláhuac	Mercado Central de Tláhuac
Mercado	Iztapalapa	Central de Abastos
Tianguis	Iztapalapa	Gpe. Del Moral/Escuadrón 201
Tianguis	Tlalpan	Villa Coapa
Tianguis	Xochimilco	Deportiva
Tianguis	Tláhuac	Del centro de Tláhuac
Supermercado	Coyoacán	Wal-Mart Villa Coapa
Supermercado	Benito Juárez	Mega Comer. Mex. Asturias
Carnicería	Xochimilco	El Abuelo
Carnicería	Tláhuac	Luis

ZACATECAS

NORTE	ZONA A-B	ZACATECAS
Establecimiento	Colonia, Área o Lugar	Nombre del lugar
Mercado Jesús	Centro	Don Nacho
Mercado de la Plata	Boulevard de la Plata	Princesa
Mercado Jesús	Centro	Los Burros
Mercado	Estación FFCC	Gorditas Pachis
Mercado de la Plata	Boulevard de la Plata	Comidas Andrea
Supermercado	La Condesa	Soriana Mercado
Carnicería	Alma Obrera	La Preferida
Mercado	La Condesa	Tacos Tal'Ivan
Carnicería	La Condesa	Helguera
Carnicería	La Condesa	La Ternerita
Carnicería	La Condesa	Condesa
Carnicería	La Condesa	La Rancherita
Supermercado	La Condesa	Soriana Súper
Carnicería	Universidad	Carne Mart

SUR	ZONA C-D	ZACATECAS
Establecimiento	Colonia, Área o Lugar	Nombre del lugar
Carnicería	Abastos	El Cuñado

Mercado Guadalupe	Guadalupe	Antojos Zacatecanos Mary
Mercado Guadalupe	Guadalupe	San Francisco
Carnicería	Guadalupe	Carne Mart
Carnicería	Abastos	R - Villa
Carnicería	Abastos	Jazmín
Tianguis	Abastos	Birria Julia
Tianguis	Abastos	Antojos Zacatecas
Tianguis	Abastos	Los Sopes
Tianguis	Abastos	Gorditas Mayra
Mercado Abastos	Abastos	Tacos Israel
Supermercado	Lomas del Campestre	Wal-Mart
Supermercado	Lomas del Campestre	Soriana Híper
Carnicería	Lomas del Campestre	La Estrella
Carnicería	Lomas del Campestre	Cortes San Francisco
Tianguis	Guadalupe	Carnicería
Tianguis	Guadalupe	Carnicería
Tianguis	Guadalupe	Carnicería

AGUASCALIENTES

NORTE	ZONA A-B	Aguascalientes
Establecimiento	Nombre del lugar	
Supermercado	Comercial Mexicana 2do Anillo, Aguascalientes	
Supermercado	Soriana Híper	
Mercado Terán	Carnicería Los Brothers	
Mercado Terán	Carnicería Puerta del Sol	
Supermercado	Bodega Aurrera, Guadalupe	
Otros, 3er anillo, siglo XXI	Mrs. Pepe's Burguers	
Mercado Juárez	Antojitos Juárez	
Mercado Terán	Los Tacos	
Tianguis Cumbres	Antojitos Varios	
Mercado San Felipe	Carnicería Flamingos	
Tianguis San Felipe	Antojitos varios	
Otros, Av. Convención 1914	Taquería Convención	
Mercado San Felipe	Taquería San Felipe	
Carnicería, Calle Libertad, Centro	Carnicería La Esperanza	

SUR	ZONA C-D	Aguascalientes
Establecimiento	Nombre del lugar	

Mercado San Felipe	Carnicería Flamingos
Otros, Centro	Tacos Raúl
Carnicería Las cruces	Carnicería Olmos
Carnicería Las cruces	Carnicería Taurina VI
Carnicería Las cruces	Carnicería Picacho
Carnicería 3er anillo, siglo XXI	Carnicería la Esperanza
Mercado Purísima	Carnicería los Toños
Tianguis purísima	Tacos
Mercado Purísima	Carnicería Obrador Soto
Mercado Purísima	Carnicería Manolos
Mercado Bonanza	Carnicería Bonanza, Real de Carnes
Tianguis, Las cruces	Tianguis
Supermercado, 3er anillo, siglo XXI	Súper Bara
Supermercado	Soriana Mercado
Supermercado	Bodega Aurrera
Supermercado	Comercial mexicana
Supermercado	Chedraui
Mercado, Central de abastos	Súper carnicería San Juan
Supermercado	Wal-Mart Aguascalientes
Mercado de abastos	Carnicería Gonvi
Supermercado	H-E-B Aguascalientes
Tianguis centro comercial Agropecuario	Carnicería Carnes Supremas El recreo
Tianguis centro comercial Agropecuario	Carnicería Capricho (caballo)
Mercado Reforma	Obrador San Francisco

Tianguis	Gordas Purísima
----------	-----------------

CHIHUAHUA

NORTE	ZONA A-B	Chihuahua
Establecimiento	Nombre del lugar	
Tianguis 2000	Tacos	
Tianguis 2000	Hamburguesas "mike"	
Tianguis 2000	Tacos "Mike"	
Tianguis 2000	Tacos bistec	
Tianguis 2000	Burritos	
Tianguis 2000	Tacos bistec	
Tianguis 2000	Tacos	
Supermercado	Tacos "Doña Tuta"	
Supermercado	Burritos "Doña Tuta"	
Supermercado	Tacos "Chihua"	
Supermercado	Barbacoa "Chihua"	
Supermercado	Molida "S'mart"	
Supermercado	Bistec "S'mart"	
Tianguis Tarahumara	Tacos birria "Tacos y Lonches"	
Tianguis Tarahumara	Tacos "Tripitas"	
Tianguis Tarahumara	Carne "Brenda"	
Tianguis Tarahumara	Burritos	

Tianguis Tarahumara	Burritos
Tianguis Tarahumara	Gordita Picadillo

SUR	ZONA C-D	Chihuahua
Establecimiento	Nombre del lugar	
Cremería y Abarrotes	Molida "La nueva 28"	
Abarrotes y Carnicería	Molida "Cuquita"	
Mercado Abastos	Burrito	
Mercado Abastos	"Beef Internacional"	
Híper soriana	Tacos Barbacoa	
Mercado Abastos	"Carne Mart"	
	"Carnes y Derivados de Chihuahua"	
San Jorge	"Mini Súper López"	
Carnicería y Abarrotes	"Abarrotes y Carnicería Ramírez"	
Carnicería	Molida "Supercarnicería Las Águilas"	
Panteón San Jorge	Burrito "Los compadres"	
Panteón San Jorge	Burrito	
Tianguis	Burrito "mercado"	
Tianguis San Jorge	Tacos Barbacoa	
Tianguis San Jorge	Burrito	
Tianguis San Jorge	"Tacos y tripietas"	
Taquería	"Estilo Chihua"	
Taquería	"Av. Industrias"	

Taquería	"Barbacoa Bruno"
Taquería	"Birrieria y Taquería Anita"
Carnicería	"Carne de Caballo"
Carnicería	"Carnicería Flores"
taquería	"Las Brujas"
Carnicería	"Las Palomas"
Mercado Popular	"Antojitos Susy"
Panteón San Jorge	"Los Compadres"

PACHUCA

Norte-Sur	Centro	Pachuca
Establecimiento	Nombre del lugar	
Nuevo Mercado Benito Juárez	Tacos Soto	
Frente Nvo. Mercado B. Juárez	Los Michoacanos	
Mercado Miguel Hidalgo	Carnicería Suprema	
Mercado Miguel Hidalgo	Tacos Julián	
Mercado Aquiles Serdán	Taquería El Tapatío 2	
Carnicería	Distribuidora de Carnes Angus	
Otros, Central de abastos	Taquería Aries	
Mercado, Central de abastos	Carnicería Vargas	
Carnicería Mdo. Francisco I. Madero	Carnicería "La Surtidora"	
Carnicería	Súper Carnicería "Lucy"	
Mercado, Central de abastos	Distribuidora "San Francisco"	
Otros, Taquería (José Ma. Morelos y Ocampo)	Pollos Guerrero	
Otros, Taquería	Tacos "Sr. Limón"	
Otros, Pastes (Leandro valle)	Pastes Tuzo	
Mercado 1 de mayo	"La Favorita"	
Carnicería	"La Única"	
Mercado de Barreteros	Cocina La Güerita	

Mercado de Barreteros	Carnicería Sagitario
Mercado de Barreteros	Carnicería Don Beto
Otros, Pastes	Pastes Soto

SAN VICENTE CHICOLOAPAN

Norte-Sur	Centro San Vicente Chicoloapan
Establecimiento	Nombre del lugar
Supermercado	Soriana
Carnicería	El Güero
Tianguis Allende	Tacos
Mercado Allende	Carnicería Leo 2
Tianguis Ara 3	Tacos
Carnicería	Lupita
Mercado Sare	Carnicería La Favorita 2
Tianguis Ciudad los Reyes 2	Tacos
Tianguis Ciudad los Reyes 2	Carnicería
Supermercado	Bodega Aurrera

ANEXO II. Fotografías de muestras de carne



Muestras diversas, refrigeradas antes de envasar para su posterior envío.



Diversas muestras envasadas e identificadas, listas para enviar a laboratorio de ITSON



Muestras envasadas e identificadas, listas para envío