

**DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN
SUBPRODUCTOS BOVINO, PASTO, SUELOS Y AGUAS EN VEREDAS DEL
MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER**



ALEXANDRE ARRIETA SOTO

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS
PAMPLONA
2017**

**DETERMINACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN
SUBPRODUCTOS BOVINOS, PASTO, SUELOS Y AGUAS EN VEREDAS DEL
MUNICIPIO DE TIBÚ, NORTE DE SANTANDER**



ALEXANDRE ARRIETA SOTO

TUTORES

AMANDA LUCIA CHAPARRO GARCIA. PhD.

JOHN JAIRO BUSTAMANTE CANO. PhD

**Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ciencia y Tecnología de los
Alimentos**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
MAESTRIA EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS
PAMPLONA
2017**

DEDICATORIA

**A mi Madre, María Soto Vázquez, por apoyar cada una de las metas que me
trazo.....**

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias, por el apoyo financiero realizado a esta investigación bajo el macro proyecto titulado “Determinación de metales pesados expuestos en áreas de alto grado de contaminación y detección de puntos críticos para su control”, bajo el código Colciencias pre00503030302”

A quienes dirigieron este trabajo, los doctores Amanda Lucía Chaparro García y John Jairo Bustamante Cano, por su asesoría y disponibilidad.

A la magister Gladys Montañez, por su aporte en la ejecución estadística del proyecto.

A la Universidad de Pamplona, en especial al profesor Alfonso Quijano Parra, Director del Laboratorio de Control de Calidad, por su apoyo y colaboración.

A la señora Yolanda Rico Lizcano por el apoyo, asesoría y disponibilidad en el desarrollo del proyecto.

Al Departamento de Alimentos, en especial a la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y profesionales productivos para el país.

A los jurados; Martha Patricia Trinidad Arias Peñaranda, Luz Alba Caballero Pérez y Diana Alexandra Torres por todos sus valiosos comentarios y sugerencias que enriquecieron nuestro trabajo

CONTENIDO

	Págs.
RESUMEN	11
ABSTRACT	13
SIGLAS	14
1. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE	15
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. MATERIALES Y METODOS	22
3.1 DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS NIVELES DE Cd, Cu, Mo, Pb y Zn EN LOS SUB PRODUCTOS BOVINOS “CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE” CRIADOS EXTENSIVAMENTE EN VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TIBÚ NORTE DE SANTANDER.	22
3.1.1 Materiales	22
3.1.2 Metodología	23
3.2 DETERMINAR EN SUELOS , PASTOS Y AGUAS LA CONCENTRACIÓN DE LOS METALES PESADOS Cd, Cu, Mo, Pb y Zn COLECTADOS EN LOS CAMPOS CERCANOS A EXPLOTACIONES PETROLERAS QUE SIRVEN COMO ALIMENTO PARA EL GANADO	25
3.2.1 Materiales	25
3.2.2 Metodología	26
3.2.2.1 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en PASTOS de consumo Animal.	26
3.2.2.2 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en AGUA de consumo Animal.	26
3.2.2.3 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en suelos	26
3.3 CORRELACIONAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS HALLADOS EN EL SUELO, PASTOS Y AGUAS CON LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE EN VEREDAS DE TIBÚ.	27

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	29
4.1 DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS NIVELES DE Cd, Cu, Mo, Pb y Zn EN LOS SUB PRODUCTOS BOVINOS “CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE” CRIADOS EXTENSIVAMENTE EN VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TIBÚ NORTE DE SANTANDER.	30
4.1.1 Determinación de Cadmio (Cd) en subproducto bovino	30
4.1.2 Determinación de Cobre (Cu) en subproducto bovino.	32
4.1.3 Determinación de Molibdeno (Mo) en subproducto bovino.	34
4.1.4 Determinación de Plomo (Pb).	35
4.1.5 Determinación de Zinc (Zn) en subproducto bovino.....	37
4.2 DETERMINAR EN SUELOS , PASTOS Y AGUAS LA CONCENTRACIÓN DE LOS METALES PESADOS Cd, Cu, Mo, Pb y Zn COLECTADOS EN LOS CAMPOS CERCANOS A EXPLOTACIONES PETROLERAS QUE SIRVEN COMO ALIMENTO PARA EL GANADO	38
4.2.1 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en suelos, pastos y aguas de bebida animal.	38
4.2.2 Determinación de Cadmio (Cd), en suelos, pastos y agua de bebida animal.	39
4.2.3 Determinación de Cobre (Cu), en Aguas de consumo animal, suelos y pastos... ..	41
4.2.4 Determinación de Plomo (Pb), en Aguas de consumo animal, suelos y pastos. .	42
4.3 CORRELACIONAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS HALLADOS EN EL SUELO, PASTOS Y AGUAS CON LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE EN VEREDAS DE TIBÚ.	44
4.3.1 Distribución del metal Cd en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 en las matrices estudiadas	44
4.3.2 Distribución del metal Cu en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 en las matrices estudiadas	49
4.3.3 Distribución del metal Pb en las veredas C. Yuca, J-10, S. Norte y P-30 en las matrices estudiadas.	52

CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	59
ANEXOS	65

Listado de tablas

Págs.

Tabla 1. Longitud de onda y curvas de calibración para los metales evaluados en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J- 10 P-30 del Municipio de Tibú, Norte de Santander.....	24
Tabla 2. Resultados estadísticos descriptivos de muestras de bovinos, suelos, pastos y agua de consumo animal - nivel de Cadmio mg/kg. Año 2016.....	45
Tabla 3. Matriz de correlación de variables -concentraciones de Cadmio mg/kg- Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J 10 y P-30 del Municipio de Tibú. Año 2016.....	46
Tabla 4. Resultados estadísticos descriptivos de muestras de bovinos, suelos, pastos y agua de consumo animal - nivel de Cobre mg/kg. Año 2016.....	49
Tabla 5. Matriz de correlación de variables. Concentraciones de Cobre mg/kg –Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10, P-30 del Municipio Tibú Año 2016	50
Tabla 6. Resultados estadísticos descriptivos de muestras de bovinos, suelos, pastos y agua de consumo animal - nivel de Plomo mg/kg. Año 2016.....	52
Tabla 7. Matriz de correlación de variables. Concentraciones de Cobre mg/kg –Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10, P-30 del Municipio Tibú Año 2016	53

Listado de figuras

	Págs.
Figura 1. Zona de muestreo. Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del Municipio de Tibú, Norte de Santander.....	29
Figura 2. Concentración (mg/kg) de Cd encontrada en subproductos bovinos de las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú	30
Figura 3. Concentración (mg/kg) de Cu hallada en subproductos bovino de las veredas encontradas en el Municipio de Tibú, Norte de Santander	32
Figura 4. Concentración (mg/kg) de Pb encontradas en subproducto bovino de las veredas del Municipio de Tibú, Norte de Santander	35
Figura 5. Concentración (mg/kg) de Zn encontradas en subproductos bovinos de las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú	37
Figura 6. Concentración (mg/kg) de Cd encontrada en muestras de suelos, pastos y agua de bebida animal en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú	39
Figura 7. Concentración (mg/kg) de Cu hallada en muestra de suelos, pastos y agua de bebida animal en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú	41
Figura 8. Concentración (mg/kg) de Pb encontradas en muestras de suelos, pastos y agua de bebida animal en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú.	43
Figura 9. Biplot: Distribución concentración de Cadmio mk/kg- veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del Municipio de Tibú, Norte Santander. Año 2016.	48
Figura 10. Biplot: Distribución concentración de cobre en las Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del Municipio Tibú, Norte de Santander. Año 2016	51
Figura 11. Biplot: Distribución concentración de plomo en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del municipio Tibú, Norte de Santander. Año 2016	55

Listado de anexos

	Págs.
Anexo A. Fincas cercanas a extracción petrolera, sitio de pastores de bovinos. Norte de Santander. Año 2016	65
Anexo B. fincas de cercanas extracción petrolera al sitio de pastores, bebederos de agua de bovinos. Municipio de Tibú. Norte de Santander. Año 2016.	65
Anexo C. fotografía del Proceso de sacrificio bovino, Tibú. Norte de Santander año 2016	66
Anexo D. fotografía del Proceso de sacrificio bovino, Tibú, Norte de Santander	66
Anexo E. fotografía de bovino cebú comercial en canal, donde se tomaron algunas muestras de carne.	67
Anexo F. Fotografías de vísceras rojas donde se realizaron algunos muestreos de riñón e hígado	67
Anexo G. Curvas de calibración para los metales Cd, Cu, Pb y Zn evaluados en las veredas objeto de esta investigación	68
Anexo H. Sedimentación de las variables, para el cadmio en las veredas del municipio de Tibú, Norte de Santander. Año 2016.	68
Anexo I. Matriz de contribución de variables del Cadmio en las veredas del municipio de Tibú.	69
Anexo J. Matriz de contribución de los factores del Cadmio en las veredas del municipio de Tibú	69
Anexo K. Sedimentación de las variables, para el cobre en las veredas del municipio de Tibú, Norte de Santander. Año 2016	70
Anexo L. Matriz de contribución de variables del Cobre en las veredas del municipio de Tibú.	70
Anexo M. Contribución de los factores del Cobre en las veredas del municipio de Tibú	71
Anexo N. Sedimentación de las variables, para el Plomo en las veredas del municipio de Tibú, Norte de Santander. Año 2016	71
Anexo O. Matriz de contribución de variables del Plomo en las veredas del municipio de Tibú.	71

Anexo P. Matriz de contribución de los factores del Plomo en las veredas del municipio de Tibú	72
--	----

RESUMEN

El municipio de Tibú, Norte de Santander, depende principalmente de las explotaciones petrolíferas, las cuales producen emisiones en las inmediaciones de la industria, que contribuyen de manera directa a una contaminación ambiental, siendo los más afectados los animales que pastan en sus alrededores y por ende los consumidores de los subproductos obtenidos en el proceso de sacrificio de estos animales, provocando trastornos a la salud, estos trastornos se encuentran asociados a enfermedades transmitida por los alimentos (ETAs), que son una amenaza permanente en la salud pública y son una causa importante de morbilidad. El presente estudio tuvo como finalidad, evaluar la concentración de Cd, Cu, Pb, Mo y Zn en carne, hígado, piel, riñón y sangre de ganado bovino, suelos, pastos y aguas utilizados para el consumo de animales expuestos en zonas de alto grado de contaminación. Se realizaron muestreos aleatorios, en el municipio de Tibú, en las veredas Socuavó Norte, J-10, Campo Yuca y P-30. La cuantificación de los metales se realizó por espectroscopia de absorción atómica, utilizando el método de llama, las concentraciones obtenidas de estos metales en las matrices objeto de estudio, se procesaron a través del software estadístico XLSTAT y su estudio se fundamentó en el análisis de componentes principales (ACP). Se concluyó que las concentraciones de los metales Cd, Cu, Pb y Zn sobrepasaron los límites permitidos por la normativa de la Unión Europea Reglamento 488/2012 de la comisión del 12 de mayo de 2014, por tanto, el ganado consumido en las veredas objeto de esta investigación, representan un grave peligro para la población que la consume, por lo que sugiere medir el impacto que el consumo de estos subproductos ha podido tener en la salud humana de la población de las veredas del municipio de Tibú Norte de Santander.

Palabras Claves: Cebú, Cría extensiva, Espectroscopia de Absorción Atómica, Metales Pesados, Subproducto bovino.

ABSTRACT

The municipality of Tibú, Norte de Santander, is mainly dependent on oil production, which produces emissions in the immediate vicinity of the industry, which contributes directly to environmental pollution, with the most affected animals grazing in their surroundings and Consumers of the by-products obtained in the slaughter process of these animals, causing disruption to health, these disorders are associated with foodborne diseases (ETAs), which are a permanent threat to public health and an important cause. The objective of this study was to evaluate the concentration of Cd, Cu, Pb, Mo and Zn in meat, liver, skin, kidney and blood of cattle, soils, pastures and waters used for the consumption of animals exposed in zones High degree of pollution. Random sampling was carried out in the municipality of Tibú in the Socuavó Norte, J-10, Campo Yuca and P-30 trails. The quantification of the metals was performed for the atomic absorption spectroscopy, using the flame method, the concentrations obtained from these metals in the samples under study, were processed through the statistical software XLSTAT and its study was based on the Principal Component Analysis (ACP). It was concluded that the concentrations of the metals Cd, Cu, Pb and Zn exceeded the limits allowed by the European Union regulation 488/2012 of the commission of May 12, 2014, therefore, the cattle consumed in the trails object of De This research, represent a serious danger for the population that consumes, so it suggests to measure the impact that the consumption of these by-products has had on the human health of the population of the sidewalks of the municipality of Tibú Norte de Santander.

Keywords: Cebu, extensive farming, Atomic Absorption Spectroscopy, Heavy Metals, bovine by-product.

SIGLAS

ACP: Análisis de Componentes Principales

AESA: Comisión Técnica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria de cadmio en los alimentos

ANOVA: Análisis de Varianza

A.A.S: Espectroscopia de Absorción Atómica

AESI: American Environmental safety institute

AOAC: Asociación of official Analytical chemestri

Cd: Cadmio

C. Yuca: Campo yuca

CORPOICA: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Cu: Cobre

CUCBA: Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agrarias de México

ETAs: Enfermedades Transmitidas por Alimentos.

FAO: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación

FDA: Food and Droug Administration

FEDEGAN: Federación nacional de ganaderos

HCl: Ácido clorhídrico

ICA: Instituto Colombiano Agropecuario

INN: Instituto Nacional de Nutrición

INVIMA: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos Y Alimentos

MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Mo: Molibdeno

MT: metalotioneína

NOM: Norma Oficial Mexicana

OMS. Organización Mundial de la Salud

Pb: Plomo

SNI: Estándar nacional de Indonesia

U.E. Unión Europea

1. INTRODUCCIÓN Y ESTADO DEL ARTE

El término metal pesado hace referencia a aquellos metales de la tabla periódica de los elementos químicos, cuyo peso específico es superior a 5 g/cm^3 o que tienen un número atómico por encima de 20, excluyendo generalmente a los metales alcalinos y elementos alcalinotérreos, se encuentran distribuidos de forma natural en el medio ambiente gracias a los ciclos geológicos y biológicos, las rocas y minerales son disueltos por el agua de lluvia y posteriormente transportados hacia ríos y océanos, los ciclos biológicos incluyen bioconcentración en plantas y animales y posteriormente la incorporación en la cadena alimentaria, de esta manera la actividad industrial contribuye a la formación de nuevos compuestos y a la distribución de los mismos ampliamente por todo el mundo. (Dhiraj *et al.*, 2008). Estos metales son metabolizados en el hígado, donde se unen a proteínas de bajo peso molecular denominadas metalotioneína (MT), las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en este órgano y contienen en su estructura una gran cantidad del aminoácido cisteína, lo cual les confiere una elevada afinidad para reaccionar y almacenar metales como Zn, Cd, Hg, Cu, Pb, Ni, Co y Fe. La función principal de las MT es la de almacenar en el medio intracelular metales esenciales como el Zn y Cu y transferirlos a metalproteínas, las cuales participan en la eliminación de radicales libres. (Liu *et al.*, 2001).

Los metales pesados se dividen en esenciales y no esenciales. Los esenciales, son necesarios para un crecimiento normal, se encuentran unidos a proteínas como la hemoglobina y la hemocianina o en forma libre, no obstante, pueden ser de alta toxicidad si están presentes en exceso. Dentro de este grupo encontramos: zinc (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), selenio (Se) y aluminio (Al). Los no esenciales como su nombre lo indica no cumplen ninguna función en el órgano de los ejemplares que los contienen, dentro de este grupo de contaminantes tenemos: cadmio (Cd), mercurio (Hg) y plomo (Pb). Todos los metales ya sean esenciales o no esenciales, pueden ser tóxicos cuando su aporte es excesivo, afectando negativamente el crecimiento y la reproducción de los órganos, generando impactos negativos sobre el ecosistema y la salud pública en general, pudiéndoles causar incluso la muerte (Das *et al.*, 2006). La exposición de un órgano a un determinado contaminante, es

principalmente estudiada a través de la concentración del contaminante en sus partes. (Kunito *et al.*, 2004; Seixas *et al.*, 2007). Está demostrado que metales como el plomo, el cadmio, el arsénico y el mercurio, además de ejercer efectos tóxicos son transferibles y pueden considerarse un factor de riesgo de intoxicación en salud pública, debido a que estos metales son causantes de daños a nivel de sistema nervioso, en la función hepática y renal, en el sistema músculo-esquelético, alteraciones mutagénicas y efectos carcinogénicos e inmunológicos, específicamente en las poblaciones infantil y senil, que son los grupos de edad más sensibles a dichos efectos (Mancera *et al.*, 2006). Actualmente, el rol de los metales pesados como contaminantes ha sido ampliamente reconocido, ya que constituyen un grave problema debido a los efectos negativos que causan cuando ingresan al medio ambiente, debido a su combinación con compuestos orgánicos presentes en los sedimentos o con los iones del agua y posteriormente su ingreso a los sucesivos eslabones de las redes alimentarias en donde ocurren procesos de bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación (Madero *et al.*, 2011).

En una investigación realizada por (Miranda *et al.*, 2005) sobre los efectos de la contaminación por traza de metales tóxicos en terneros de una zona contaminada del norte de España, hallaron que la concentración de estos metales en ganado bovino, se encontraban dentro de los parámetros permitidos por la legislación europea, sin embargo, el 20% de los animales estudiados superaron el límite permitido para níquel a nivel de riñón y un 32% para cobre a nivel de hígado. En una publicación realizado por (Menke *et al.*, 2009) encontraron en su estudio una asociación del cadmio con el cáncer y enfermedad cardiovascular, debido a que este metal puede acumularse en los riñones a raíz de exposición por los alimentos o por el agua, esta acumulación puede producir enfermedades renales, lesiones en los pulmones y fragilidad de los huesos. El estudio realizado por (Miranda *et al.*, 2009) sobre la relación entre la concentración de metales trazas en el suelo, forraje y tejido animal de bovinos criados en un área de suelo serpentino en el Noreste de España, concluyó que el uso industrial de las sales de cadmio junto con el cobre, plomo y zinc, fueron productoras de actividad carcinogénica en animales y posteriormente en humanos. Otra investigación se realizó sobre el monitoreo de metales tóxicos en carne y leche procedentes del cuadrante Noroeste de

España y se reportó la presencia de metales pesados en todas las provincias cercanas a zonas aledañas a explotación de hidrocarburos con escasa peligrosidad para la salud humana, aunque con alarmas preocupantes de intoxicación en la salud animal por cobre. (González, J. 2009). La investigación realizada por (Alcocer *et al.*, 2007) sobre la detección de metales pesados y Diclorodifenil etano (DDT) en músculo y órganos bovinos en México, Yucatán, encontraron que el 79% de las muestras superaron el límite permitido por la Norma Oficial Mexicana (NOM) para el Cu, un alto porcentaje de Pb estuvo por encima de lo permitido por la norma, el contenido de Cd se encontró dentro de los parámetros establecidos como normales según la normativa. En un estudio realizado por (Harlia *et al.*, 2015), sobre la contaminación por los metales pesados Cd y Pb en carne molida y carne rebanada, reportaron que las concentraciones de Pb en carne de res molida superaron los límites permitidos por la norma del estándar nacional de indonesia (SIN), mientras en las muestras de carne rebanada, solo el 50% de las muestras superaron esta norma. El 75% de las muestras de carne de res molida superaron la concentración de Pb, mientras que las muestras de carne de res rebanada, el Cd se encontró dentro del rango establecido por el SIN.

La aplicación de sustancias biosólidos, fertilizantes, estiércol de ganado, agroquímicos y la irrigación con aguas de efluentes urbanos e industriales son algunas de las actividades que contaminan el ambiente y específicamente los suelos agrícolas y de pastoreo (Zeng *et al.*, 2011) el trabajo realizado por (Canty *et al.*, 2014) reveló que en las zonas con altos contenidos de Cd en suelos, la concentración de estos metales en los riñones de la especie bovina se encontró por encima de los límites máximos permitidos por la Unión Europea, para los animales adultos, mientras que en los animales menores de tres años de edad, la concentración de este metal se encontró dentro del límite establecido como normal, por la normativa Europea.

Colombia no es ajena a esta problemática, en el país desde hace bastante tiempo es conocido que la erosión y lixiviación de suelos por la tala indiscriminada de bosques en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca, Sinú, San Jorge, Atrato y Orinoco, la minería del oro, carbón, la explotación petrolera, las actividades agropecuarias intensivas y la creciente actividad

industrial de las grandes capitales, así como las actividades portuarias, han comenzado a generar problemas ambientales muy diversos relacionadas con aumentos de los niveles de metales. Se calcula que en 20 años la colonización solo en la cuenca del río Magdalena ha destruido 3,5 millones de hectáreas de bosques, lo que ha generado el transporte de sedimentos hasta alcanzar las 133.000 ton/año y, en varias estaciones de los principales ríos, la concentración de metales pesados (cadmio, hierro, mercurio, plomo, zinc) supera los niveles permitidos en aguas naturales. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009). En el estudio realizado por (Madero *et al.*, 2011) evaluaron la concentración de metales pesados en ganado bovino en los valles del río Sinú y San Jorge en el departamento de Córdoba, reportaron concentraciones de Hg, Cu, Cd y Pb por debajo de los parámetros establecidos como normales por la Unión Europea y la Norma Oficial Mexicana (NOM), adicionalmente en el 4% de las muestras se encontraron concentraciones de cobre no permisibles para consumo humano.

Los metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del río Sinú, en el Departamento de Córdoba, también fueron evaluados por (Roqueme *et al.*, 2014) los resultados encontrados en esta investigación revelaron que el Departamento no poseía información sobre las concentraciones de metales pesados en suelos agrícolas, lo que buscaba el estudio era proporcionar información a las entidades correspondientes para que tomaran medidas preventivas y decisiones para mejorar esta problemática. (Bustamante *et al.*, 2015) encontraron que la presencia del plomo y el cadmio en las muestras de hígado, riñón y músculo en los municipios de Yondó y Barrancabermeja, sobrepasaron los límites permisibles establecidos en las normas del Codex alimentario y la Unión Europea. En un estudio realizado por (Arrieta *et al.*, 2015), sobre la valoración y cuantificación de metales pesados en carne de cerdo, pescado, pollo y res comercializados en Pamplona Norte de Santander, se encontró que las concentraciones de estos metales se sobrepasaron los límites permitidos por la legislación europea en muestras de carnes de pollo, cerdo, pescado y bovino.

La aplicación de sustancias biosólidos, fertilizantes, estiércol de ganado, agroquímicos y la irrigación con aguas de efluentes urbanos e industriales son algunas de las actividades que contaminan el ambiente y específicamente los suelos agrícolas y de pastoreo (Zeng *et al.*, 2011). A nivel internacional se han creado una serie de normas para garantizar la inocuidad de los productos cárnicos a través de la cadena de producción. Dentro de esta normatividad cobra un papel destacado el control de los metales pesados en especies bovinas con el fin de mitigar el impacto ambiental, incentivar la producción más limpia, las buenas prácticas ganaderas, las buenas prácticas de manufactura, la llamada “agricultura orgánica” o “agricultura limpia” y contribuir a la producción de alimentos inocuos (CORPOICA 2007).

El comercio de carne de bovino en el mundo es relativamente bajo, con respecto a los niveles de producción, lo que indica que este producto se destina fundamentalmente a atender las demandas internas de los países productores. En el ámbito nacional se referencia un número aproximado de 1.311 plantas de beneficio animal como resultado del proceso de inscripción de las mismas en el marco del Decreto 1500 de 2007, de los cuales solo el 1% cumple con los requisitos sanitarios y ambientales para su funcionamiento, el 2% con facilidad lograría los estándares requeridos, y la gran mayoría representados en el 97% requeriría grandes inversiones para alcanzar los estándares. El mercado de la carne en Colombia es regulado por el (Ministerio de la Protección social. Decreto 1500 de 2007. Bogotá, 60 p. 2007) y vigilado por parte de las entidades ICA, INVIMA y las secretarías de salud (Conpes 2005).

Actualmente, el rol de los metales pesados como contaminantes ha sido ampliamente reconocido, ya que constituyen un grave problema por los efectos negativos que causan cuando ingresan al medio ambiente, debido a su combinación con compuestos orgánicos presentes en los sedimentos o con los iones del agua y posteriormente su ingreso a los sucesivos eslabones de las redes alimentarias en donde ocurren procesos de bioconcentración, bioacumulación y biomagnificación (Madero *et al.*, 2011).

Los cambios estructurales del sector pecuario, tales como el aumento de los sistemas de producción intensiva, el incremento de la producción mono específica, la integración vertical,

el desarrollo de una distribución a nivel mundial y el establecimiento de sistemas pecuarios intensivos cercanos a centros urbanos, han creado una interfaz animal – personas – ecosistemas, que ha aumentado el riesgo de aparición de nuevas enfermedades y/o la intensificación de las ya conocidas (FAO, 2009). Los orígenes de estos contaminantes incluyen las actividades agropecuarias, portuarias y petroleras, aguas residuales domésticas e industriales; así como también los que llegan a través del aire y el escurrimiento natural desde ríos y arroyos hasta el mar, adicionalmente, está demostrado que metales como el plomo, el cadmio, el arsénico y el mercurio, además de ejercer efectos tóxicos son transferibles y pueden considerarse un factor de riesgo de intoxicación en la salud pública (Mancera *et al.*, 2006). En esta investigación se determinó la concentración de metales pesados en muestras carne, hígado, piel, riñón y sangre de ganado bovino, suelos, pastos y aguas de consumo animal, con el fin evaluar la posible afectación que el consumo de estos subproductos pudo ocasionar en la población.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los niveles de los metales pesados Cd, Cu, Pb, Mo y Zn en carne, hígado, piel, riñón y sangre de ganado bovino, pastos, suelos y aguas expuestos en zonas de alto grado de contaminación en el municipio de Tibú Norte de Santander.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar cuantitativamente los niveles de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en los sub productos bovinos: carne, hígado, piel, riñón y sangre criados extensivamente en veredas del municipio de Tibú Norte de Santander.
- Determinar en suelos, pastos y aguas de bebida animal, las concentraciones de los metales pesados Cd, Cu, Mo, Pb y Zn colectados en los campos cercanos a explotaciones petroleras que sirven de alimento para el ganado.
- Correlacionar a través del análisis de componentes principales, las concentraciones de los metales pesados hallados en el suelo, pastos y aguas con las concentraciones de los metales presentes en las muestras de carne, hígado, piel, riñón y sangre en veredas de Tibú.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS NIVELES DE Cd, Cu, Mo, Pb y Zn EN LOS SUB PRODUCTOS BOVINOS “CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE” CRIADOS EXTENSIVAMENTE EN VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TIBÚ NORTE DE SANTANDER.

En el desarrollo de este objetivo, se emplearon los reactivos, materiales y equipos descritos a continuación:

3.1.1 Materiales

Ácido Clorhídrico Grado analítico 37%, Carlo Erbal

Ácido Nítrico Grado analítico 65%, Panreac

Balanzas analíticas

Balones aforados Schott Duran®

Beaker Schott Duran®

Bolsas de polietileno

Embudos de vidrio

Espectrofotómetro de adsorción atómica SHIMMADZU 7000 con Lámpara de Cátodo hueco para Cd, Cu, Pb, Mo y Zn

Estándar de Cadmio de 1000 ppm; Merck

Estándar de Cobre de 1000 ppm; Merck

Estándar de Molibdeno de 1000 ppm, Merck

Estándar de Plomo de 1000 ppm; Merck

Estándar de Zinc de 1000 ppm, Merck

Micropipetas Brand

Mecheros

Muestras de carne bovino

Muestras de hígado bovino

Muestras de piel bovino

Muestras de riñón bovino

Muestras de sangre bovino

Papel filtro Whatman N° 40

Tubos de ensayo Clase A; Schott Duran®

3.1.2 Metodología

El estudio se llevó a cabo en bovinos muestreados intencionalmente en cuatro veredas del municipio de Tibú; Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30, se seleccionaron estas veredas por ser zona de influencia de la industria petrolífera, con fincas que tienen como actividad económica la ganadería. Se realizó un diagnóstico (Ante mortem) y se registró el nombre de la vereda, su ubicación, el tipo de pasto y agua utilizada para la alimentación de los bovinos. Se realizaron 3 muestreos con intervalo de 4 meses, la raza muestreada correspondió a cebú comercial machos, adultos, nacidos y criados extensivamente cerca de la zona. Todas las muestras se trabajaron por triplicado.

Las muestras de carne, hígado, piel, riñón y sangre fueron obtenidas en el proceso de sacrificio, de cada muestra se obtuvieron (200 g) a las cuales se les retiró el contenido de grasa, tejido conectivo y los principales vasos sanguíneos, una vez limpias se dividieron en 3 sub muestras de 20 g cada una. Las muestras de riñón fueron homogenizadas previamente a su congelación para evitar posibles diferencias en la concentración de elementos entre la corteza y la médula renal. Para las muestras de piel se tomaron fragmentos de 20 x 4 cm de longitud para cada animal, de los cuales se tomaron 3 sub muestras. Las muestras fueron empacadas con un código para cada una de ellas, se siguió la metodología propuesta por la AOAC 999.11, en la cual se pesaron 20 g década muestra y fueron llevados a mufla a 100°C hasta alcanzar peso constante durante dos horas, los residuos obtenidos de este proceso fueron sometidos a 550°C por 16 horas para incinerar las muestras y se le adicionaron 3 mL de HCl 3N, fueron sometidas a calentamiento por 10 minutos a fuego lento, la solución obtenida fue filtrada y diluida hasta completar 25 mL en balón volumétrico y fueron utilizadas para la determinación de los metales.

Las concentraciones de Cd, Cu, Pb y Zn se obtuvieron a partir de la absorbancia de cada elemento a su longitud de onda específica, la Ecuación de las curvas de calibración para cada metal, con los valores correspondientes al intercepto (b), pendiente (m) y coeficiente de correlación (R^2) para estos metales se exponen en la Tabla 1 y se realizaron en un equipo de absorción atómica SHIMADZU AA 7000 con llama aire-acetileno, para el Mo, se utilizó llama acetileno - óxido nitroso.

Tabla 1. Longitud de onda y curvas de calibración para los metales evaluados en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J- 10, P-30 del Municipio de Tibú, Norte de Santander.

METAL	Longitud de onda	Ecuación de la recta	R^2
Cu	324.8nm	$A=0,1183C - 0,0125$	0,9991
Cd	228.8nm	$A=0,3346 + 0,0125$	0,9976
Pb	283.3nm	$A=123,44 - 0,0198$	0,9988
Zn	213.9nm	$A=1,4435 - 0,0813$	0,9976

Fuente: propia

NOTA: Se realizaron diluciones para las curvas de calibración empleando estándares certificados Merck de 1000 ppm. Todo el material de vidrio y plástico fue previamente lavado con ácido nítrico al 10% antes de su uso. A partir de la solución madre que tenía una concentración de 1000ppm y con las disoluciones adecuadas se prepararon diferentes soluciones con concentraciones desde 0,5ppm a 10ppm, pudiendo cuantificar cada uno cada uno de los metales estudiados desde 0,5 ppm, así que se utilizaron soluciones con las siguientes concentraciones para la construcción de la curva de calibración 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 10 ppm. Esta curva de calibración se realizó con el fin de saber la concentración exacta de las soluciones resultantes de los procesos de digestión y extracción de los metales pesados objeto de estudio

3.2 DETERMINAR EN SUELOS , PASTOS Y AGUAS LA CONCENTRACIÓN DE LOS METALES PESADOS Cd, Cu, Mo, Pb y Zn COLECTADOS EN LOS CAMPOS CERCANOS A EXPLOTACIONES PETROLERAS QUE SIRVEN COMO ALIMENTO PARA EL GANADO

En el desarrollo de este trabajo se emplearon los reactivos, materiales y equipos descritos a continuación

3.2.1 Materiales

Ácido clorhídrico grado analítico

Ácido nítrico grado analítico

Balanzas analíticas

Bolsas de polietileno

Cilindro de acetileno

Cilindro de óxido nitroso

Embudos de vidrio

Espectrofotómetro de adsorción atómica SHIMMADZU 7000 con Lámpara de Cátodo hueco para Cd, Cu, Pb, Mo y Zn

Estándar Cd de 1000 ppm Merck

Estándar Pb de 1000 ppm Merck

Estándar Cu de 1000 ppm Merck

Estándar Mo de 1000 ppm Merck

Estándar Zn de 1000 ppm Merck

Muestras de aguas de consumo animal en veredas objeto de estudio

Muestras de suelos en veredas objeto de estudio

Muestras de pastos de consumo animal en veredas objeto de estudio

Papel filtro Whatman N°40

Peróxido de hidrogeno

Tubos de ensayo

Ultra sonido branson 1510

3.2.2 Metodología

3.2.2.1 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en PASTOS de consumo Animal

Para la cuantificación de la concentración de los metales Cd, Cu, Pb, Zn y Mo, en muestras de forrajes *Brachiaria sp* en las veredas Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30. El material vegetal fue recolectado en las horas de la mañana y empacado en bolsas plásticas con sellado hermético. Para la determinación analítica de los metales pesados en estudio se siguió la metodología propuesta por (García, J. 2012) en la cual se tomaron 5 gramos de muestra y se le adicionaron 7 mL de una solución de (HCl 37% y HNO₃ 65% en proporción 3; 1), los cuales fueron sometidas a baño ultrasónico en un equipo branson 1510 durante una hora, luego de este tiempo las muestras fueron filtradas y diluidas hasta completar 25 mL y fueron utilizadas para la determinación de los metales, en el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA7000.

3.2.2.2 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en AGUA de consumo Animal. Para el análisis del agua, con el fin de cuantificar los niveles de estos metales se emplearon 250 mL de agua en diferentes pozos de las veredas Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30. A una profundidad de cincuenta 50 centímetros, las muestras fueron obtenidas de diferentes puntos en los cuales los animales llegan a beber. Las muestras se transportaron al laboratorio para su análisis y se le adicionaron una solución de HNO₃ 65% y H₂O₂ 30% en proporción 5:1, se dejaron durante cuatro horas y filtraron con papel waltman N°40, esta solución se utilizó para la determinación de los metales en el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA7000.

3.2.2.3 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en suelos. Para la determinación de los metales pesados en concentraciones que representan riesgo de intoxicación para los bovinos que sirven como fuente de nutrición a los seres humanos se empleó aproximadamente un kilogramo de tierra, la cual fue extraída con una pala a una profundidad de 30 centímetros,

las muestras fueron obtenidas de diferentes puntos en las veredas Campo Yuca, J – 10, Socuavó Norte y P – 30, se establecieron 10 estaciones en las cuales los bovinos pastorean. El material fue empacado en bolsas de polietileno y transportadas al laboratorio para su análisis. Todas las muestras de suelo fueron mezcladas de acuerdo a las veredas y colocadas a secar al aire libre, luego de este proceso se procedió a eliminar el contenido de raíces y tallos, por último se pasaron por un tamiz y se procedió a realizar la digestión ácida de la siguiente manera; se tomaron 30 gramos de muestras, se le adicionaron 20 mL de una solución extractora de suelos (HCl 0,05 N y HNO₃ 0,025 N en proporción 1;1), las muestras fueron sometidas a agitación mediante un equipo agitador breaker a 50 revoluciones por minuto durante 30 minutos, las muestras fueron filtradas y se analizaron en el equipo de absorción atómica SHIMADZU A7000, metodología propuesta por (Roqueme *et al.*,2014).

3.3 CORRELACIONAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS HALLADOS EN EL SUELO, PASTOS Y AGUAS CON LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE EN VEREDAS DE TIBÚ.

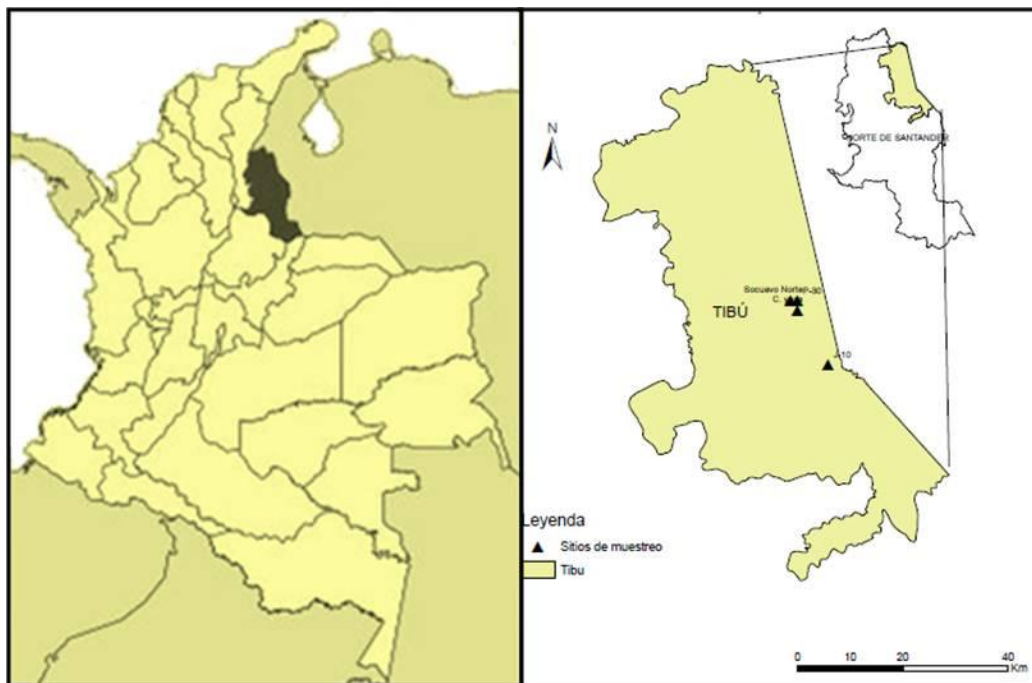
Para llevar a cabo este tercer objetivo, se aplicará un Análisis de Componentes principales (ACP), técnica que se clasifica entre los métodos multivariantes de interdependencia y se aplica cuando se dispone de un conjunto elevado de variables de tipo cuantitativo correlacionadas entre sí y persigue obtener un menor número de variables (combinaciones lineales de las primitivas e incorrelacionadas) denominadas componentes principales o factores, los cuales resumen las variables iniciales con la mínima pérdida de información y permite interpretaciones más simples. Uno de los usos más frecuentes del ACP es como técnica de análisis exploratorio para descubrir interrelaciones entre los datos y de acuerdo con los resultados, proponer los análisis estadísticos más apropiados. También puede ser utilizada como método de agrupación de variables para eliminar algunas de ellas como fase previa a un análisis factorial, o para formar grupos de variables estrechamente relacionadas.

Como se dijo antes, para cada vereda y cada grupo de variables, se realizaron tres muestreos con intervalos de 4 meses. Se parte de tres grupos de variables de tipo cuantitativo: El primer grupo lo conforman los metales pesados (Cd, Cu, Pb, Mo y Zn); El segundo las variables ambientales (Suelo, pastos y agua) y el tercer grupo son los subproductos bovinos (Carne, hígado, piel, riñón y sangre) y teniendo en cuenta que uno de los objetivos del ACP es usado como un método de agrupación de variables para formar grupos que estén estrechamente relacionados. La extracción de componentes principales se efectuará sobre variables tipificadas para evitar problemas derivados de escala. Esta técnica tiene la ventaja de no exigir supuestos tales como la normalidad u homocedasticidad como otras. En la aplicación de esta técnica se tiene la opción de usar matriz de correlaciones o bien la matriz de covarianzas. Se aplicará la matriz de correlaciones para dar la misma importancia a todas y cada una de las variables. El software estadístico utilizado fue el XLSTAT.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tibú es un Municipio de Colombia ubicado en el Norte de Santander, situado al nordeste del país, en frontera con Venezuela y a orillas del río Tibú, la economía del municipio es altamente minera, cuentan con grandes reservas de petróleo en su interior, hay grandes reservas de carbón y Uranio, además de esto, cuenta con importantes hectáreas de cultivo de cacao, yuca, maíz y palma de aceite, este último en aumento, posee un importante sector de ganadería bovina, siendo sus sub productos destinados para el consumo de sus habitantes (POB 2012). En la presente investigación se estudiaron las veredas Campo yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30. Ver Figura 1.

Figura 1. Zona de muestreo. Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del Municipio de Tibú, Norte de Santander.

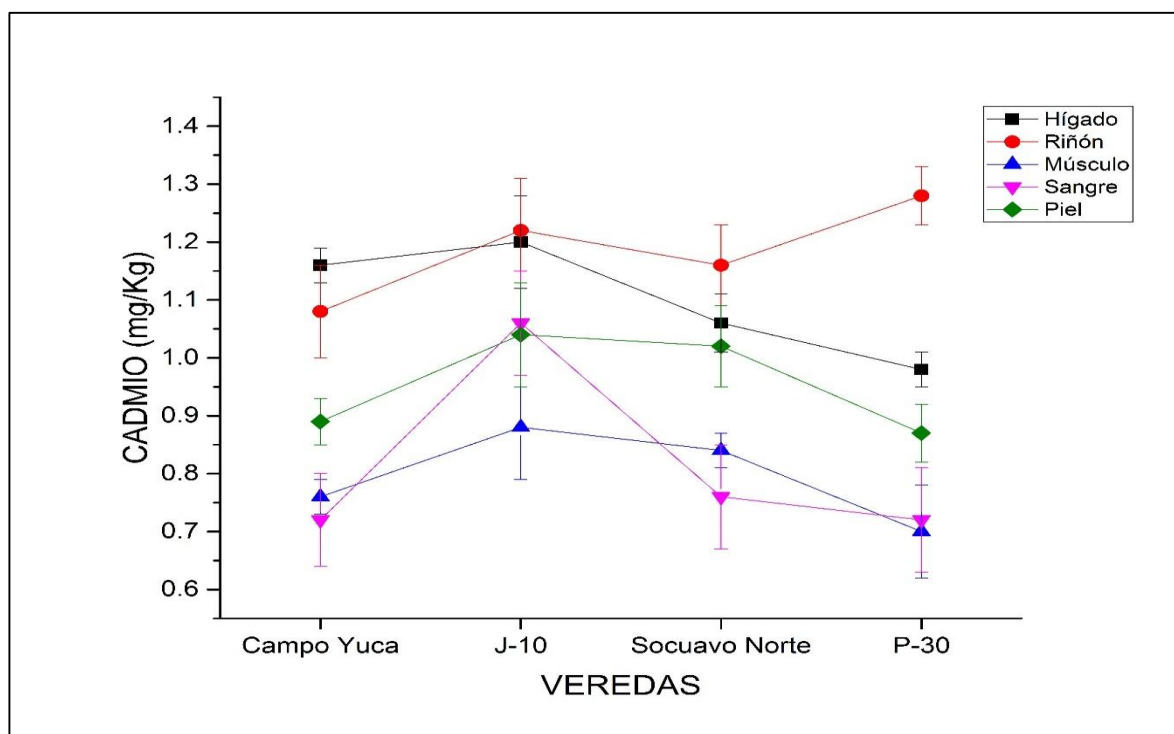


Fuente: POT 2012. Municipio de Tibú

4.1 DETERMINAR CUANTITATIVAMENTE LOS NIVELES DE Cd, Cu, Mo, Pb y Zn EN LOS SUB PRODUCTOS BOVINOS “CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE” CRIADOS EXTENSIVAMENTE EN VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TIBÚ NORTE DE SANTANDER.

4.1.1 Determinación de Cadmio (Cd) en subproducto bovino. Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran los promedios obtenidos de las concentraciones en las matrices: carne, hígado, piel, riñón y sangre, de los 20 bovinos objeto de esta investigación, superaron los límites permitidos para este metal en las siguientes proporciones; en el hígado 85%, en carne 60%, en piel 45%, en riñón 80 y en sangre 65%. Unión Europea reglamento 488/2014. La mayor acumulación se presentó a nivel de las muestras de hígado y de riñones. Las concentraciones obtenidas fueron calculadas teniendo en cuenta la prueba t-student con un nivel de confianza del 95%, el análisis de varianza (ANOVA), reveló la existencia de diferencias significativas (p valor <5%) en los subproductos hígado y de riñón. La distribución de las concentraciones de cadmio en las muestras de carne, hígado, piel, riñón y sangre, encontradas en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú, se observan a continuación. Ver figura 2.

Figura 2. Concentración (mg/kg) de Cd encontrada en subproductos bovinos de las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú



Subproducto	Hígado	Riñón	Piel	Sangre	Carne
Máximo permitido	0,5 mg/kg	1,0 mg/kg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,05 mg/kg

Fuente: propia

La mayor concentración de cadmio, se presentó en las muestras de riñón de la vereda P- 30 seguido de la vereda J-10. Mientras que la mayor concentración presente en las muestras de hígado para este metal se encontró en la vereda J- 10 y la menor concentración en las muestras de las vereda P-30. En las muestras de sangre bovina, la mayor concentración estuvo presente en la vereda J-10, mientras que la menor concentración estuvo presente en la vereda C. Yuca. La mayor concentración de este metal, se encontró en las muestras de piel de la vereda J-10, mientras que las menores concentraciones de este subproducto estuvieron presentes en la vereda P-30. En las muestras de carne, la mayor concentración de este metal estuvo presente en la vereda J-10, mientras que la menor concentración estuvo presente en la vereda P-30.

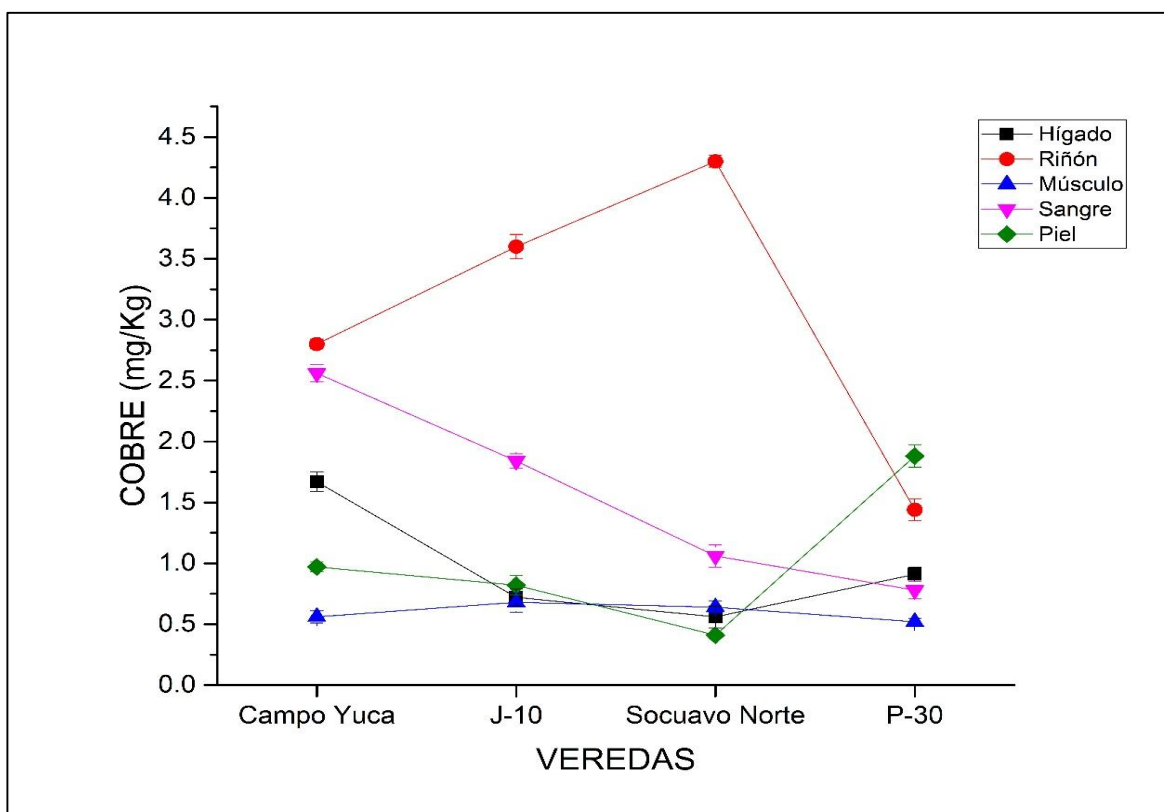
Las concentraciones hepáticas de cadmio encontrados por (Miranda *et al.*, 2005) se encontraban entre, 3,39 - 131 $\mu\text{g/kg}$ para zonas industriales y 6,43 – 221 $\mu\text{g/kg}$ para zonas rurales, concentraciones mucho menores de los resultados obtenidos en este estudio. Estos

resultados concuerdan con los reportado por la Comisión Técnica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria de cadmio en los Alimentos AESA, 2009, en la cual se concluye que en los animales el cadmio no se elimina fácilmente y permanece largo tiempo en los tejidos, hígado y riñón. Hay que señalar que los límites tolerables fijados para el consumo humano son distintos en los diferentes países, siendo los establecidos por la Unión Europea los más representativos. Cabe anotar que la absorción intestinal del cadmio se lleva a cabo por el transportador de metales divalentes-1 (DMT-1 por sus siglas en inglés). El DMT-1 se encuentra localizado en el duodeno, los eritrocitos, el hígado y las células del túbulo contorneado proximal (TCP), es la proteína transportadora de Fe y muestra gran afinidad por otros metales divalentes como cadmio, níquel, plomo, Cobalto, manganeso, zinc y cobre. La disminución en la ingesta de Fe y Zn ocasiona un incremento en la expresión del DMT-1, lo cual aumenta la absorción intestinal de Cadmio y favorece la toxicidad por estos metales (Bradmann *et al.*, 2001).

4.1.2 Determinación de Cobre (Cu) en subproducto bovino. Los resultados muestran que las concentraciones de Cobre en las matrices analizadas experimentalmente en la presente investigación (carne, hígado, piel, riñón y sangre bovino) se encontraron por encima de los rangos establecidos como normales por la comisión de la Unión Europea. El 80% de las muestras de hígado, el 70% de las muestras de sangre, el 60% de las muestras de riñón, el 50% de muestras de piel y el 45% de carne superaron las concentraciones permitidas por la normativa de la Unión Europea, que para este metal se fijó 0,5 mg/kg. (Reglamento 488/2014 de la Comisión, de 12 de mayo de 2014). Los resultados obtenidos en este estudio, se calcularon por medio de estimación por intervalo, utilizando un error tipo del 5%, hallando diferencias significativas en los subproductos bovinos hígado, riñón, piel y sangre.

En este estudio los órganos donde se almacenó la mayor concentración de cobre fueron en el hígado y el riñón. Ver figura 3.

Figura 3. Concentración (mg/kg) de Cu hallada en subproductos bovino de las veredas encontradas en el Municipio de Tibú, Norte de Santander



Fuente: propia

Subproducto	Hígado	Riñón	Piel	Sangre	Carne
Máximo Permitido	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg

Esto puede obedecer en gran medida a que una parte importante del cobre acumulado se asocia a las metalproteínas, las cuales contienen una gran cantidad del aminoácido cisteína, que les confiere una afinidad para reaccionar y almacenar el cobre en el medio intracelular y transferirlo a metal proteínas, factores de transcripción y enzimas (Liu, *et al.*, 2001). Las mayores concentraciones de este metal se presentaron en las muestras de riñón de las veredas J-10 y S. Norte, para este subproducto bovino. Esto puede obedecer a que los animales están ingiriendo prolongadamente cantidades pequeñas de este metal, el cual se está acumulando en este órgano. Según Jorge Galindo García, investigador del instituto de Biotecnologías del CUCBA (Centro Universitario de ciencias Biológicas y Agrarias de México), esto se debe a que el cobre es promotor de crecimiento en algunas fases del desarrollo de los animales, y

los productores le adicionan más de lo recomendado para que coadyuvar en el crecimiento. La conducta de las concentraciones de cobre en las matrices estudiadas en las veredas de Tibú se muestra a continuación.

En la presente investigación, las muestras de carne de las veredas objeto de estudio, fueron las que presentaron las menores concentraciones de este metal. (Alcocer *et al.*, 2007) señala que hay varios factores a tener en cuenta en la concentración de los metales pesados, así por ejemplo en músculos y órganos de bovinos los niveles pueden estar influenciados por la utilización de promotores de crecimiento en la alimentación y los tipos de forrajes utilizados. Los estudios reportados por (Blanco *et al.*, 2006) alcanzaron concentraciones hasta de 4,89 mg/kg, que difieren con los valores presentado en este estudio para el subproducto bovino hígado. Los niveles de cobre en hígado reportados por (Nwude *et al.*, 2011) sobre el ganado que se cría en la parte norte de Nigeria, obtuvieron concentraciones hasta de 2,2 mg/kg, muy similares a los resultados reportados en este estudio, y puede obedecer a que estos animales se alimentan de hierbas en los alrededores y beben agua de cualquier corriente cercanas y agua estancada, por tanto, es posible que este hábito de alimentación del ganado puede conducir a la bioacumulación de metales pesados en el hígado, donde se llevan a cabo varios procesos de desintoxicaciones. La intoxicación por cobre tiene dos fases; la primera consiste en la acumulación del cobre en el hígado y puede durar varios días o meses, la segunda fase se conoce como crisis hemolítica y consiste en apoptosis de las células hepáticas y liberación del cobre a la circulación, se absorbe en forma acumulativa por vía respiratoria, digestiva y por contacto directo con la piel afectando principalmente el sistema renal (Maduabichi *et al.*, 2006). Es importante considerar las interacciones del cobre con el metal Zinc, cuya presencia es antagónica e influye en la determinación de las concentraciones de Cobre.

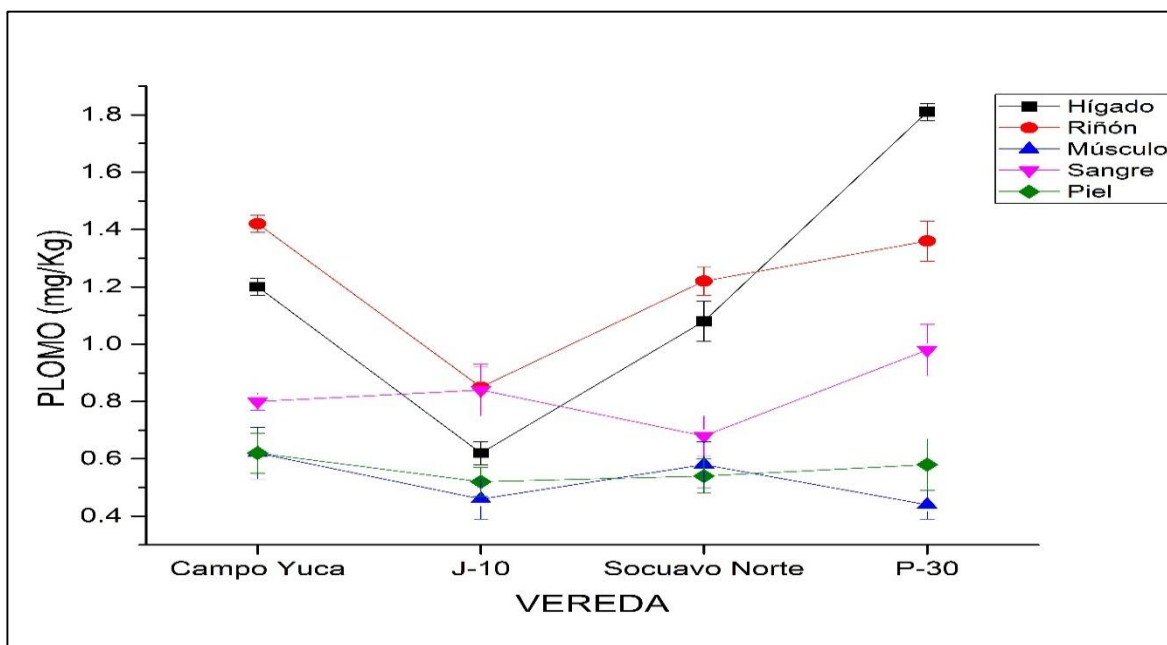
4.1.3 Determinación de Molibdeno (Mo) en subproducto bovino. La concentración máxima permisible de Mo para la especie bovina es un valor no mayor en hígado 0,5mg/kg y en carne 0,5mg/kg, Reglamento 488 de la Comisión del 12 de mayo de 2014, esta normativa no reporta concentraciones permitidas para las matrices riñón, sangre y la piel. En la presente

investigación el metal molibdeno, no fue detectado, en ninguna de las matrices analizadas por el equipo de absorción atómica SHIMAZUD AA7000.

4.1.4 Determinación de Plomo (Pb). La concentración máxima permisible de plomo para la especie bovina establecida por la norma de la Unión Europea es en hígado 0,5 mg/kg, musculo 0,1 mg/kg, piel 0,5 mg/kg, riñón 0,5 mg/kg y sangre 0,5 mg/kg. Los resultados de este trabajo muestran que en el 82% de las muestras de hígado, 52% músculo, 49% piel, 60% riñón y 55% sangre, la concentración de plomo se encontró por encima de los rangos establecidos por la norma.

La mayor concentración de plomo en el hígado, se encontraron en las muestras provenientes de la vereda P- 30, mientras que en las muestras de riñón la mayor concentración la obtuvo la vereda C. Yuca. Ver Figura 4.

Figura 4. Concentración (mg/kg) de Pb encontradas en subproducto bovino de las veredas del Municipio de Tibú, Norte de Santander



Fuente: propia

Subproductos	Hígado	Riñón	Piel	Sangre	Carne
Máxima permitida	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,5 mg/kg	0,1 mg/kg

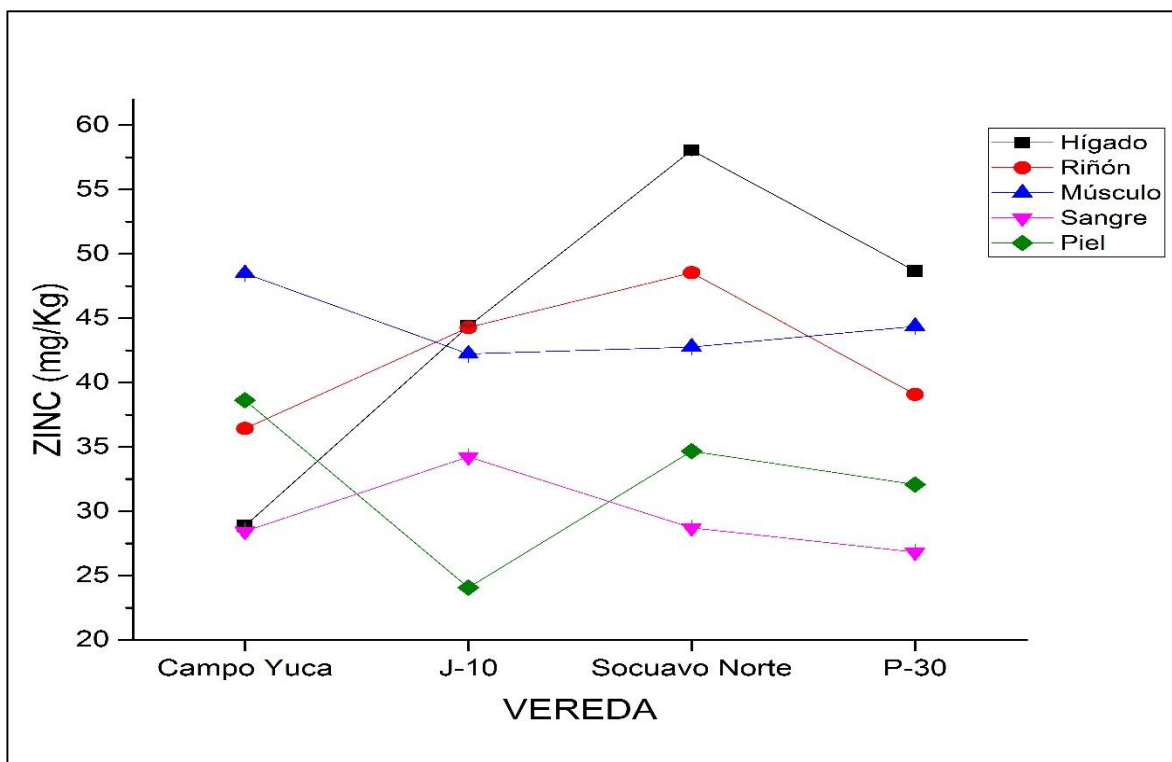
Estudio realizado por (García *et al.*, 2014) sobre la detección de plomo en hígado, músculo y riñón de bovinos, en México, encontraron concentraciones de acuerdo a los límites permitidos por la norma oficial mexicana (NOM) para este metal, que fija 2 mg/kg para la carne, hígado y riñón de bovinos, (cabe mencionar que esta es una de las normas que más mg/kg permite en los subproductos bovinos). Esto puede ser debido a las fuertes correlaciones encontradas entre la carne y el hígado, con respecto al plomo y al cadmio, lo que revela una acción sinérgica entre estos dos metales, que puede ir desde un efecto acumulativo a nivel hepático (Castillo *et al.*, 2005). Comparando los resultados obtenidos por (Arrieta *et al.*, 2015), en los cuales encontró concentraciones de Plomo superiores a 1,2 mg/kg, en muestras de carne comercializado en Pamplona, Norte de Santander, los resultados de esta investigación son inferiores con concentraciones inferiores a 0,62 mg/kg en las veredas objeto de esta investigación. En Irlanda del Norte las intoxicaciones por plomo representaron el 4,5% de todas las muertes del ganado vacuno. De igual manera en el oeste de Canadá el 50,9% de intoxicaciones en el ganado y en terneros menores de seis meses se debieron posiblemente al plomo, además se ha encontrado relación de estas intoxicaciones con animales localizados cerca de carreteras (Blanco *et al.*, 2006). En la presente investigación la concentración más alta de plomo alcanzo en promedio 1,81 mg/kg, concentración semejante a la reportada (García *et al.*, 2014).

La concentración máxima permisible de plomo para la especie bovina establecida por la norma de la Unión Europea es, en hígado 0,5 mg/kg, músculo 0,1 mg/kg, piel 0,5 mg/kg, riñón 0,5 mg/kg y sangre 0,5 mg/kg. Los resultados de este trabajo muestran que en el 82% de las muestras de hígado, 52% carne, 49% piel, 60% riñón y 55% sangre, la concentración de plomo se encontró por encima de los rangos establecidos por dicha norma. Ver tabla 4. La mayor concentración de plomo en el hígado, se encontraron en las muestras provenientes de la vereda P- 30, mientras que en las muestras de riñón la mayor concentración la obtuvo la

vereda C. Yuca. La mayor acumulación de este metal se encontró en las muestras de piel y carne de los animales provenientes de la vereda C. Yuca.

4.1.5 Determinación de Zinc (Zn) en subproducto bovino. El reglamento 488/2014 de la Unión Europea, no establece concentraciones para el zinc en los subproductos bovinos, por lo tanto, nos acogimos a la normatividad de la Mineral Tolerance of Animal NRC 2005, que considera el máximo tolerable para bovinos en 50 mg/kg. Los resultados hallados en este estudio muestran que en las matrices estudiadas, carne, piel, riñón y sangre se encontraron dentro de los parámetros establecidos como normales por la norma, a excepción de las muestras de hígado de las veredas S. Norte y P-30 en la cual, las muestras superaron esta norma. La distribución de las concentraciones de zinc en las muestras de carne, hígado, piel, riñón y sangre, encontradas en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú, se observan a continuación. Ver Figura 5.

Figura 5. Concentración (mg/kg) de Zn encontradas en subproductos bovinos de las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú



Subproducto	Hígado	Riñón	Piel	Sangre	Carne
Máxima permitida	50 mg/kg	50 mg/kg	50 mg/kg	50 mg/kg	50 mg/kg

Fuente: Propia.

Las concentraciones de Zinc obtenidas en las muestras de carne en las veredas de Tibú difieren con los resultados obtenidos por (Madero *et al.*, 2011) 4.66 mg/ g y (Duckett *et al.*, 1993) 8.36 mg/g, con valores muy inferiores a los reportados en este estudio. El zinc tuvo un comportamiento un tanto diferente. Si bien las mayores concentraciones en los órganos estudiados, se presentaron en la S. Norte y P-30 para las muestras de hígado. La mayoría de los estudios realizados sobre el zinc, consideran a este metal como un elemento crítico ya que en variadas oportunidades se ha encontrado como el segundo mineral deficitario en las praderas, después del fósforo. Este hecho se debería a mecanismos de control y acumulación de este mineral, cuya concentración sería afectada en una fase más posterior frente a deficiencias alimentarias más agudas del mineral (Mills *et al.*, 1969). El contenido hepático de Zinc no depende directamente de las concentraciones de este metal, esto puede deberse al antagonismo existente entre este elemento y la alta concentración del cadmio presente en el organismo.

4.2 DETERMINAR EN SUELOS , PASTOS Y AGUAS LA CONCENTRACIÓN DE LOS METALES PESADOS Cd, Cu, Mo, Pb y Zn COLECTADOS EN LOS CAMPOS CERCANOS A EXPLOTACIONES PETROLERAS QUE SIRVEN COMO ALIMENTO PARA EL GANADO

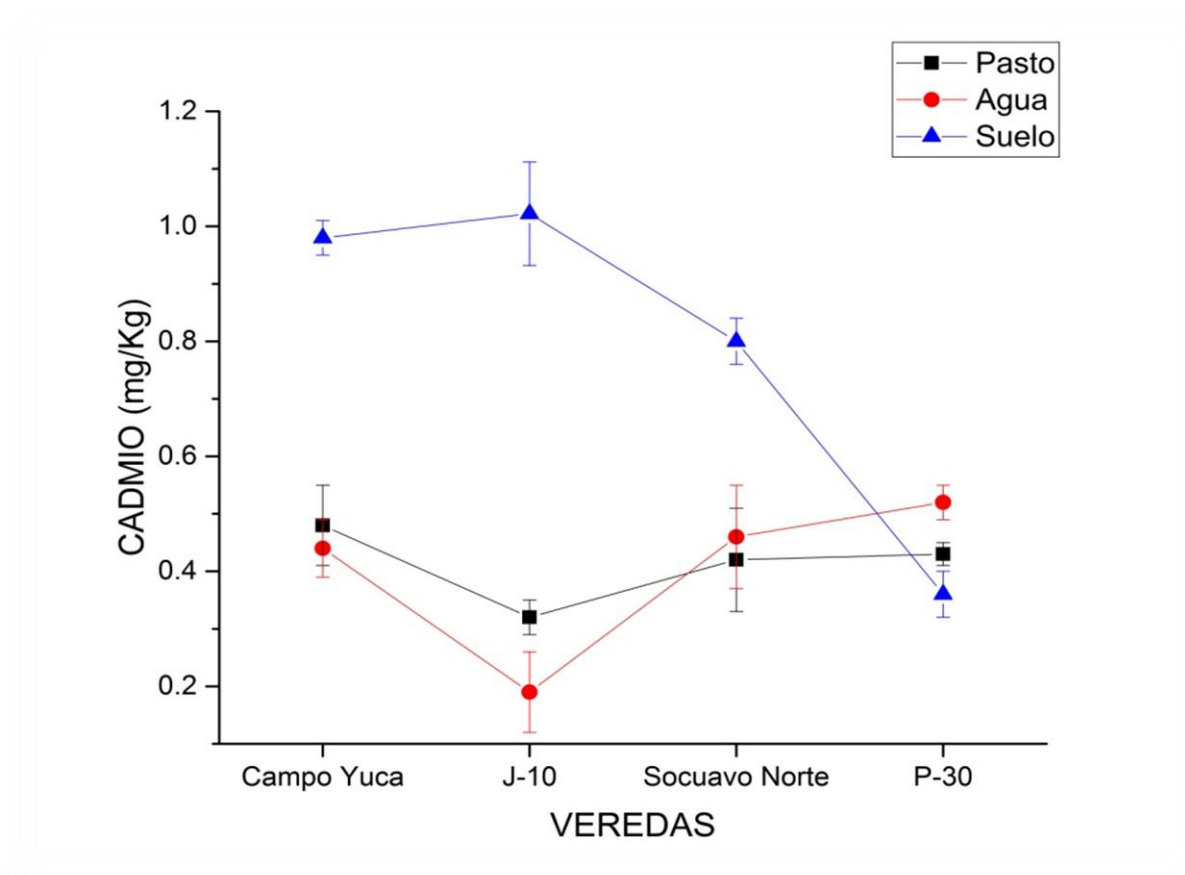
4.2.1 Determinación de Cd, Cu, Mo, Pb y Zn en suelos, pastos y aguas de bebida animal.

En la presente investigación el metal molibdeno no fue detectado en las muestras de pastos, suelos y agua de consumo animal en las veredas objeto de esta investigación. Las concentraciones de cobre y zinc se encontraron dentro de los parámetros establecidos por la norma de la Unión Europea.

4.2.2 Determinación de Cadmio (Cd), en suelos, pastos y agua de bebida animal.

La Unión Europea, establece como concentración de 0,05 mg/L permitida para agua de bebida animal, 0,15 mg/kg para pastos y 0,5 mg/kg para suelo. Los resultados muestran que las concentraciones encontradas en la presente investigación, en las veredas Campo Yuca, J-10, Socuavó Norte y P- 30 del municipio de Tibú, se encuentran por encima de los límites permitidos por la norma, a excepción de la vereda P- 30 donde los niveles de Cadmio se encontraron por debajo de la normativa. La mayor concentración de Cadmio encontrada en las muestras de suelos, se presentaron en la vereda J-10, mientras que la menor concentración se halló en las muestras de la vereda P-30, en las muestras de aguas de bebida animal la mayor concentración de este metal, se encontró en las veredas del presente estudio, se encontraron en las muestras de la vereda P-30 y en menor concentración en la vereda J-10, en las muestras de agua de bebida animal la mayor concentración de este metal, se encontró en las muestras de la vereda P-30 en las muestras de la vereda J-10. Las concentraciones más altas del Cadmio en las muestras pasto, se encontraron en la vereda C. Yuca y en menor concentración en la vereda J-10. Ver Figura 6.

Figura 6. Concentración (mg/kg) de Cd encontrada en muestras de suelos, pastos y agua de bebida animal en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú



Muestras	pasto	Agua	suelo
Máxima Permitida	0,15mg/kg	0,05 mg/L	0,5 mg/kg

Fuente: Propia

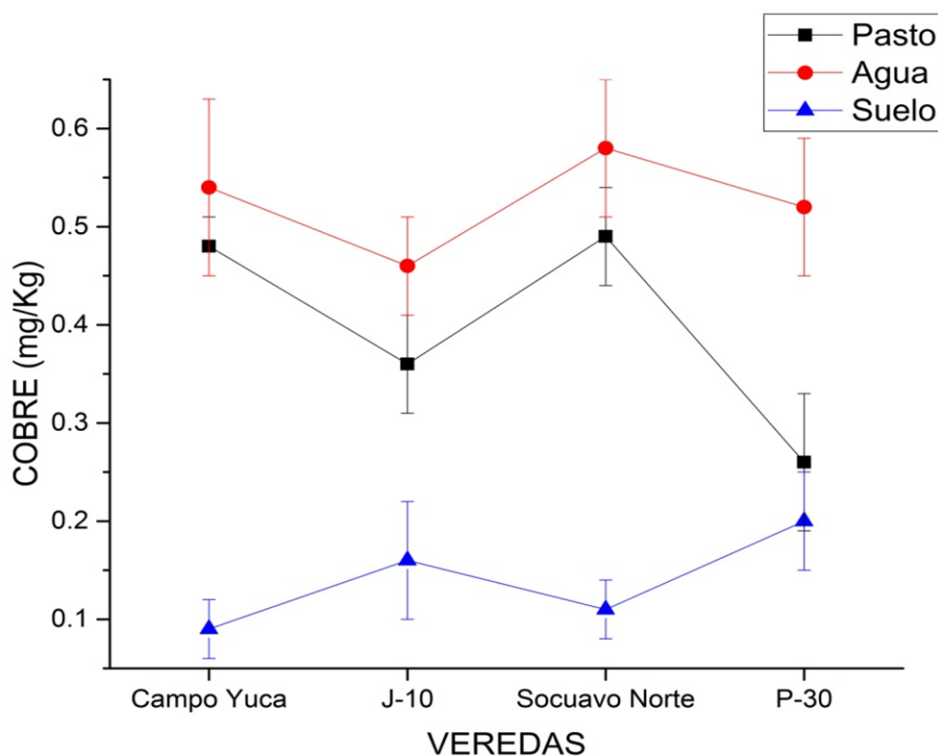
Las concentraciones obtenidas para este metal en la presente investigación se encontraron por encima de los parámetro establecidos por la normativa europea, en todas las matrices analizadas. Estudio realizado por (Zamora *et al.*, 2008) señalan el efecto del riego con aguas residuales sobre las propiedades químicas del suelo, sostienen que la utilización continua de las aguas residuales contribuye a una disminución significativa de pH, a la oxidación de sulfitos y a la producción de ácidos orgánicos con el consecuente aumento de metales pesados en el suelo, con niveles elevados de cadmio 2,30 mg/kg, concentraciones muy superiores a las reportadas en esta investigación. Estos niveles son superiores a los máximos permitidos por la mayoría de las normas mundiales para el cadmio, lo que implica que el uso agrícola

de estas aguas residuales debe ser monitoreado para evitar los riesgos de contaminación del suelo y daños para la salud por la presencia de estos elementos. En ambientes no contaminados, una concentración de cadmio normal y máxima del suelo oscila entre 0,1 y 0,2 mg/kg sugerido por Brooks en 1998, los niveles de Cadmio en suelo con 1 mg/kg se consideran como suelos contaminados. (Fay *et al.*, 2007), estos valores concuerdan con los encontrados en nuestro estudio para las veredas Campo Yuca y J – 10.

4.2.3 Determinación de Cobre (Cu), en Aguas de consumo animal, suelos y pastos.

La Unión Europea, establece la concentración máxima permitida del metal cobre, para agua de bebida animal 0,5 mg/L, suelo de 0,5 mg/kg y para pastos 0,15 mg/kg, según esta normativa en las veredas del municipio Tibú Norte de Santander, las concentraciones promedios obtenidas para este metal en las muestras de aguas de bebida animal se encontraron por encima de los límites permisibles por esa norma, a excepción de la vereda J-10 en donde las concentraciones de este metal, se encontraron dentro de los parámetros establecidos como normales. Las concentraciones de las muestras de pastos de las veredas en estudio se encontraron dentro de los parámetros establecidos como normales para este metal. Las concentraciones obtenidas en las muestras de suelos para la vereda J-10 y P-30 se encontraron por encima de los límites permitidos, mientras que las concentraciones de las muestras de las veredas S. Norte y C. Yuca se encontraron dentro de los límites permitidos como normales por la normativa europea. En la Figura 7, se muestran las concentraciones halladas en la presente investigación.

Figura 7. Concentración (mg/kg) de Cu hallada en muestra de suelos, pastos y agua de bebida animal en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú



Muestra	pasto	Agua	suelo
Máxima permitida	0,5 mg/kg	0,5 mg/L	0,15 mg/kg

Fuente: propia

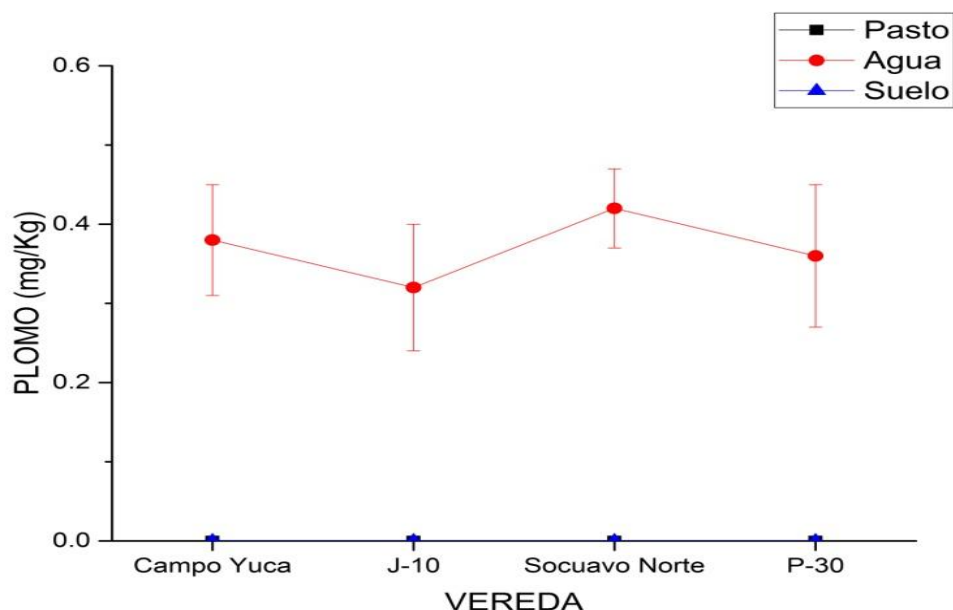
Varias investigaciones realizadas en diferentes regio del mundo contaminadas por minería o por el uso de biosólidos han reportado altos valores de Cobre, Plomo en los suelos y vegetales, incluyendo los pastos (García, 2004; Zamora *et al.*, 2008; Hernández Yacomelo, 2014). En cuanto a la contaminación de los suelos por metales, investigadores como (Zamora *et al.*, 2008) en Navarra (España), han comprobado que la contaminación por biosolidos o por minería, aumentan los niveles totales y asimilables de Cobre en el suelo.

4.2.4 Determinación de Plomo (Pb), en Aguas de consumo animal, suelos y pastos.

Las concentraciones halladas para este metal en las muestras suelos y pasto de las veredas objeto de esta investigación, se encontraron dentro de los parámetros establecidos como

normales por la Unión Europea. La Directiva 86/278/CEE, establece la concentración máxima permitida del metal plomo, en muestras de agua de bebida animal 0,1 mg/L, según esta normativa, las veredas del municipio de Tibú, Norte de Santander, las concentraciones halladas se encontraron por encima de los límites permitidos por la misma. La mayor concentración de este metal, estuvo presente en la vereda Socuavó Norte y la menor concentración en la vereda J-10. La distribución de las concentraciones de plomo en las muestras de pasto, suelo y agua, encontradas en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú, se observan en la Figura 8.

Figura 8. Concentración (mg/kg) de Pb encontradas en muestras de suelos, pastos y agua de bebida animal en las veredas estudiadas en el Municipio de Tibú.



Muestras	pasto	Agua	suelo
Máxima permitida	50 mg/kg	0,1 mg/L	50 mg/kg

Fuente Propia

Si bien, las concentraciones de Pb halladas en el suelo y forrajes estaban dentro de los límites permisibles normales, los niveles mayores permitidos que los permitidos hallados en

muestras de agua, constituyen un hallazgo sustancial con la relación con la actividad minera petroquímica en las proximidades de las zonas de muestreo, lo que genera de por sí un riesgo para la salud animal y para la salud pública.

4.3 CORRELACIONAR A TRAVÉS DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PESADOS HALLADOS EN EL SUELO, PASTOS Y AGUAS CON LAS CONCENTRACIONES DE LOS METALES PRESENTES EN LAS MUESTRAS DE CARNE, HÍGADO, PIEL, RIÑÓN Y SANGRE EN VEREDAS DE TIBÚ.

Para establecer correlación entre las diferentes variables estudiadas en la investigación, se presenta un resumen de los resultados más importantes obtenidos del Análisis de Componentes Principales (ACP) para cada uno de los metales cadmio, cobre y plomo encontrados en las veredas Campo de Yuca, J-10, S. Norte y P-30 del municipio de Tibú-Norte de Santander.

4.3.1 Distribución del metal Cd en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 en las matrices estudiadas. Como se trata de variables de tipo cuantitativo, las estadísticas descriptivas para la distribución del metal Cadmio (Cd) en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30, se presentan en la tabla 2. Analizando el nivel de concentración promedio para este metal en los subproductos bovinos y variables ambientales se puede observar que los niveles promedio más altos de cadmio se presentaron en el hígado, piel, riñón y sangre. Para las variables ambientales la concentración más alta se encontró en el suelo. La mayor variación de este metal se encontró en las muestras del suelo y en la sangre. Ver tabla 2.

Tabla 2. Resultados estadísticos descriptivos de muestras de bovinos, suelos, pastos y agua de consumo animal - nivel de Cadmio mg/kg. Año 2016

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
hígado	4	0	4	0,980	1,200	1,100	0,099
piel	4	0	4	0,870	1,040	0,918	0,082
riñón	4	0	4	1,080	1,280	1,185	0,085
sangre	4	0	4	0,720	1,060	0,805	0,170
carne	4	0	4	0,700	0,880	0,795	0,081
agua	4	0	4	0,190	0,520	0,403	0,146
pasto	4	0	4	0,320	0,480	0,413	0,067
suelo	4	0	4	0,360	1,020	0,790	0,302

Fuente: propia

Otro de los resultados del ACP es la matriz de correlaciones, la cual se presenta en la tabla 3. Se observa que las correlaciones más significativas están en el hígado con el suelo y el agua; la piel con el agua y el pasto; el riñón con el suelo; la sangre con agua y pasto y la carne con las tres variables ambientales, es decir con agua, pasto y suelo.

Tabla 3. Matriz de correlación de variables -concentraciones de Cadmio mg/kg- Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J 10 y P-30 del Municipio de Tibú. Año 2016

Variables	Hígado	Piel	Riñón	Sangre	Carne	Agua	Pasto	Suelo
Hígado	1	0,743	-0,518	0,671	0,666	- 0,815	-0,381	0,951
Piel	0,743	1	0,183	0,993	0,692	- 0,985	-0,870	0,576
Riñón	-0,518	0,183	1	0,273	-0,169	- 0,044	-0,515	-0,684
Sangre	0,671	0,993	0,273	1	0,703	- 0,972	-0,920	0,507
Carne	0,666	0,692	-0,169	0,703	1	- 0,793	-0,713	0,741
Agua	- 0,815**	- 0,985* *	-0,044	- 0,972**	-0,793*	1	0,842	-0,694
Pasto	-0,381	- 0,870* *	- 0,515*	- 0,920**	-0,713*	0,842	1	-0,262
Suelo	0,951**	0,576*	- 0,684*	0,507*	0,741*	- 0,694	-0,262	1

Fuente: propia

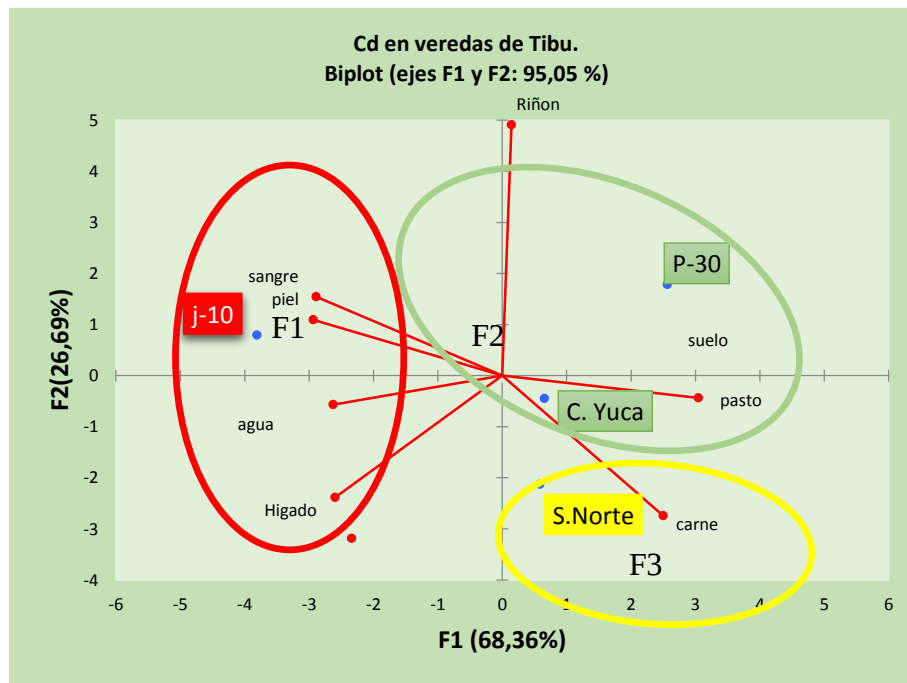
Correlación altamente significativa ** Correlación significativa *

Teniendo en cuenta el anexo H, se hace una representación gráfica de otro de los resultados del ACP, en la cual se presentan tres factores. En la abscisa se presentan los ejes factoriales (F₁, F₂, F₃), pero significativos sólo hay dos factores ya que los valores propios de los dos primeros son mayores que 1. En el anexo I, se presenta la contribución de las variables para cada uno de los factores. El factor 1, está representado claramente por los subproductos bovinos: Hígado, piel y sangre con la variable ambiental agua. En el factor 2, la contribución

más alta la hace el riñón y el suelo y el pasto, y en el tercer factor la mayor contribución la hace la carne. De igual manera, los resultados del anexo J, hacen referencia a la contribución de las variables, pero teniendo en cuenta las veredas. El factor 1 está representado por la vereda j-20, el segundo factor lo representa las veredas Campo Yuca y P-30 y el tercer factor lo representa la vereda Socuavó Norte. Los tres factores representan el 100% de la varianza y en este caso dicho porcentaje de F_1 y F_2 es del 95.95%,

De acuerdo con lo anterior y tomando como referencia el objetivo donde se plantea verificar si existe o no las correlaciones en los grupos de variables de la investigación, el ACP ofrece la posibilidad de proyectar sobre el sistema de los planos factoriales, individuos y variables a través de un mapa factorial, también llamado biplot donde se puede observar más ampliamente la relación existente entre subproductos bovinos, variables ambientales de consumo animal, el conjunto de metales pesados y las veredas en forma gráfica. Generalmente un plano se construye con dos o tres ejes factoriales; el primer eje factorial pasa por un punto central en el sentido que asegure la máxima distancia entre los puntos individuales. A continuación, se presenta la Figura 9 que agrupa todas las variables antes mencionadas.

Figura 9. Biplot: Distribución concentración de Cadmio mg/kg- veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del Municipio de Tibú, Norte Santander. Año 2016.



Fuente. propia

Como se mencionó anteriormente, las componentes principales son variables sintéticas que resumen las variables iniciales y que permiten la mejor representación plana aproximada de las variables y de sus ángulos respectivos. Dos variables que están próximas, forman un ángulo pequeño y tienen un coeficiente de correlación elevado; por el contrario, dos variables que están alejadas, forman un ángulo mayor y tienen coeficientes de correlación bajo. Cuanto más recto sea el ángulo que forman ambas variables, más independencia hay entre ellas.

Según las matrices del anexo H complementarias con la tabla del anexo I, y la Figura 9, se observa una correlación significativa de los subproductos bovinos como la sangre, piel, hígado con el elemento agua. En las veredas que más se ve presencia de cadmio es en la vereda J-10. El segundo factor agrupa el riñón con el pasto y el suelo significando dicha cercanía correlación significativa. Igualmente, las veredas donde hay más presencia de cadmio, pero en menor dimensión que el anterior son las Campo Yuca y P-30. Una tercera

agrupación muestra relación entre la carne y la presencia de concentraciones de cadmio con la vereda Socuavó Norte.

4.3.2 Distribución del metal Cu en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 en las matrices estudiadas. Continuando con los resultados del ACP, en seguida se presentará el resumen para analizar las concentraciones del metal cobre con las variables en estudio. En la tabla 4 se presentan las estadísticas descriptivas, las cuales nos permiten observar las concentraciones promedio de cobre en los subproductos bovinos y las variables ambientales de consumo animal.

Tabla 4. Resultados estadísticos descriptivos de muestras de bovinos, suelos, pastos y agua de consumo animal - nivel de Cobre mg/kg. Año 2016

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
hígado	4	0	4	0,560	1,670	0,965	0,491
piel	4	0	4	0,410	1,880	1,020	0,620
riñón	4	0	4	1,440	4,300	3,035	1,227
sangre	4	0	4	0,780	2,560	1,560	0,803
carne	4	0	4	0,520	0,840	0,650	0,144
agua	4	0	4	0,460	0,540	0,495	0,041
pasto	4	0	4	0,360	0,480	0,420	0,049
suelo	4	0	4	0,090	0,800	0,353	0,320

Fuente: propia

Los resultados de la tabla 4 muestran que las concentraciones promedio de cobre más altas están en el riñón, la sangre y la piel y el hígado. La variación en dichas concentraciones las presenta los valores registrados para el hígado, sangre y piel.

Otro de los resultados del ACP es la matriz de correlaciones, la cual se presenta en la tabla 5. En esta se puede observar que el hígado está correlacionado con las tres variables ambientales de consumo animal. La correlación entre el hígado con el agua fue del 87.4%, con el pasto en un 78.9% y con el suelo del 67.9%. En otras palabras, se puede asegurar que la correlación del hígado con el agua y el pasto es muy significativa en cuanto a la concentración de cobre. También se observa una correlación significativa de la piel y el riñón con el agua. La sangre tiene una correlación muy buena con el suelo y la carne con los elementos agua y suelo también tiene una muy significativa correlación.

Tabla 5. Matriz de correlación de variables. Concentraciones de Cobre mg/kg –Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10, P-30 del Municipio Tibú Año 2016

Variables	Hígado	Piel	Riñón	Sangre	Carne	Agua	Pasto	Suelo
Hígado	1	0,234	-0,403	0,745	-0,664	0,874	0,789	-0,679
Piel	0,234	1	-0,983	-0,316	-0,857	0,620	0,099	-0,361
Riñón	-0,403	-0,983	1	0,181	0,918	-0,754	-0,266	0,431
Sangre	0,745	-0,316	0,181	1	-0,217	0,334	0,366	-0,709
Carne	-0,664	-0,857	0,918	-0,217	1	-0,844	-0,341	0,739
Agua	0,874**	0,620*	-0,754**	0,334	-0,844**	1	0,792	-0,520
Pasto	0,789**	0,099	-0,266	0,366	-0,341	0,792	1	-0,089
Suelo	-0,679*	-0,361	0,431	-0,71*	0,739*	-0,520	-0,089	1

Fuente. Propia

Correlación altamente significativa **; Correlación significativa *

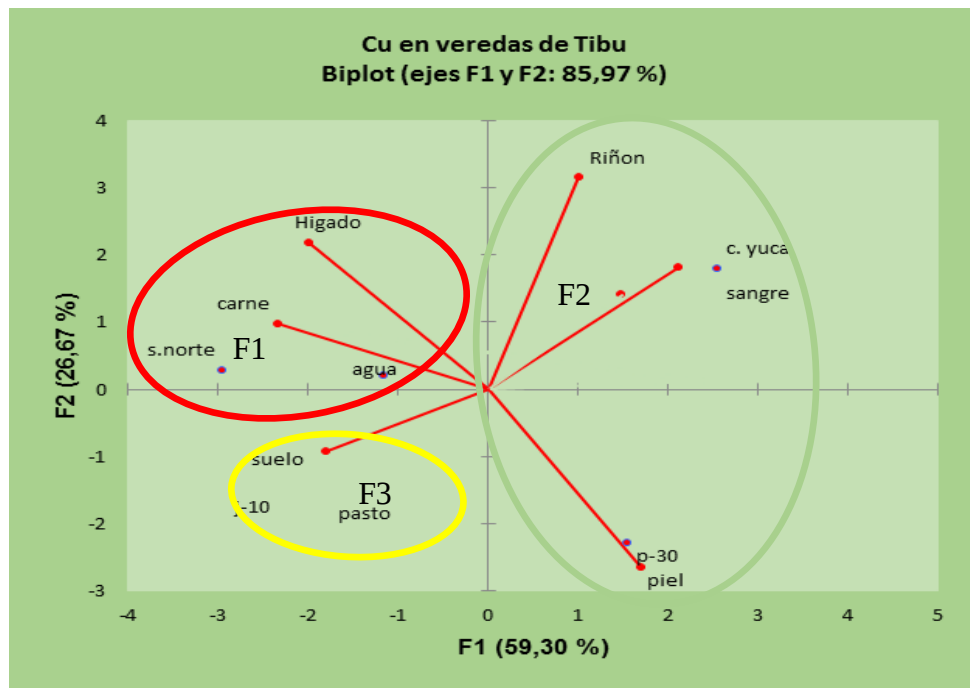
En el anexo K, se presenta la gráfica de sedimentación donde se establece a través del ACP que también tres factores (F_1 , F_2 , F_3) todos significativos. Es decir, todos tres son mayores de 1. En la matriz del anexo L se presenta la contribución de las variables para cada uno de los factores. El eje factorial 1, también está representado claramente por los subproductos bovinos: Hígado y carne con la variable ambiental agua. En segundo factor, las contribuciones más altas de los subproductos bovinos son: La sangre, la piel y el riñón con

el elemento agua. El tercer factor, lo representan los factores ambientales de consumo animal pasto y agua.

En la matriz del anexo M, de las contribuciones de cobre por vereda, se observa que el factor 1 lo representan las veredas Socuavó Norte, Campo Yuca. El segundo factor está representados por p-30 y Campo Yuca y finalmente el factor 3, la mayor contribución está en la vereda J-10 y Socuavó Norte con un menor valor. Esto significa que hay presencia de cobre en las veredas relacionadas en el estudio.

A continuación, se presenta el biplot donde se hace la proyección de los análisis anteriores, y se puede observar con mayor claridad la relación existente entre subproductos bovinos, variables ambientales de consumo animal, el conjunto de metales pesados y las veredas en estudio. Ver Figura 10.

Figura 10. Biplot: Distribución concentración de cobre en las Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del Municipio Tibú, Norte de Santander. Año 2016



Fuente: propia.

Siguiendo la secuencia para el metal de cadmio, descrito en el ítem anterior, y tomando como referencia las matrices del anexo K y M complementarias de la Figura 9, se observan tres grupos bien definidos. En la primera agrupación se observa una correlación entre los subproductos bovinos hígado y carne con el factor ambiental agua. La concentración del metal cobre es en la vereda Socuavó Norte. Una segunda agrupación está representada por los factores sangre, piel y riñón. Las veredas donde hay más presencia de cobre son P-30 y Campo Yuca y finalmente la tercera agrupación indica que en la vereda J-10 es donde la mayor concentración de cobre está en el suelo y pasto.

4.3.3 Distribución del metal Pb en las veredas C. Yuca, J-10, S. Norte y P-30 en las matrices estudiadas.

Basándonos en los resultados del ACP se verificará, si hay o no correlación entre las variables ambientales de consumo animal y los subproductos bovinos y en cuáles de estos se presenta la mayor ó menor concentración del elemento plomo según las veredas en estudio.

Los resultados de la estadística descriptiva dados en la tabla 6, refieren que la mayor concentración promedio de plomo está en la sangre. Además, la variación en los muestreos también es alta comparativamente con la concentración en otros subproductos bovinos o con las variables ambientales de consumo animal. Otros subproductos que presentan un nivel de plomo son el hígado y el riñón. La menor concentración promedio de plomo se presenta en el agua y en el suelo. En los muestreos, se encontraron las mismas cantidades y en muy poca cantidad del elemento plomo por lo cual la variación es de cero.

Tabla 6. Resultados estadísticos descriptivos de muestras de bovinos, suelos, pastos y agua de consumo animal - nivel de Plomo mg/kg. Año 2016

		Obs. con datos	Obs. sin datos				Desv. Típica
Variable	Observaciones	perdidos	perdidos	Mínimo	Máximo	Media	

hígado	4	0	4	0,620	1,810	1,178	0,490
piel	4	0	4	0,520	0,620	0,565	0,044
riñón	4	0	4	0,850	1,420	1,213	0,256
sangre	4	0	4	0,680	98,000	25,080	48,613
carne	4	0	4	0,440	0,620	0,525	0,089
agua	4	0	4	0,010	0,010	0,010	0,000
pasto	4	0	4	0,320	0,420	0,370	0,042
suelo	4	0	4	0,010	0,010	0,010	0,000

Fuente: propia

Las correlaciones entre el metal plomo y algunas variables ambientales de consumo animal con los subproductos bovinos, son presentados en la tabla 7. Tomando como referencia los resultados de ésta, se puede observar que la única correlación significativa se presenta en la carne con el pasto de 70.6%, en una escala de regular correlación se encuentra el riñón con el pasto de 59.8%.

Tabla 7. Matriz de correlación de variables. Concentraciones de Plomo mg/kg –Veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10, P-30 del Municipio Tibú. Año 2016

Variables	hígado	piel	riñón	sangre	carne	agua	pasto	Suelo
hígado	1	0,587	0,796	0,860	-0,159	0,000	0,276	0,000
piel	0,587	1	0,874	0,226	0,467	0,000	0,253	0,000
Riñón	0,796	0,874	1	0,384	0,459	0,000	0,598	0,000
sangre	0,860	0,226	0,384	1	-0,641	0,000	-0,161	0,000
carne	-0,159	0,467	0,459	-0,641	1	0,000	0,706	0,000
agua	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
pasto	0,276	0,253	0,598	-0,161	0,706	0,000	1	0,000
suelo	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

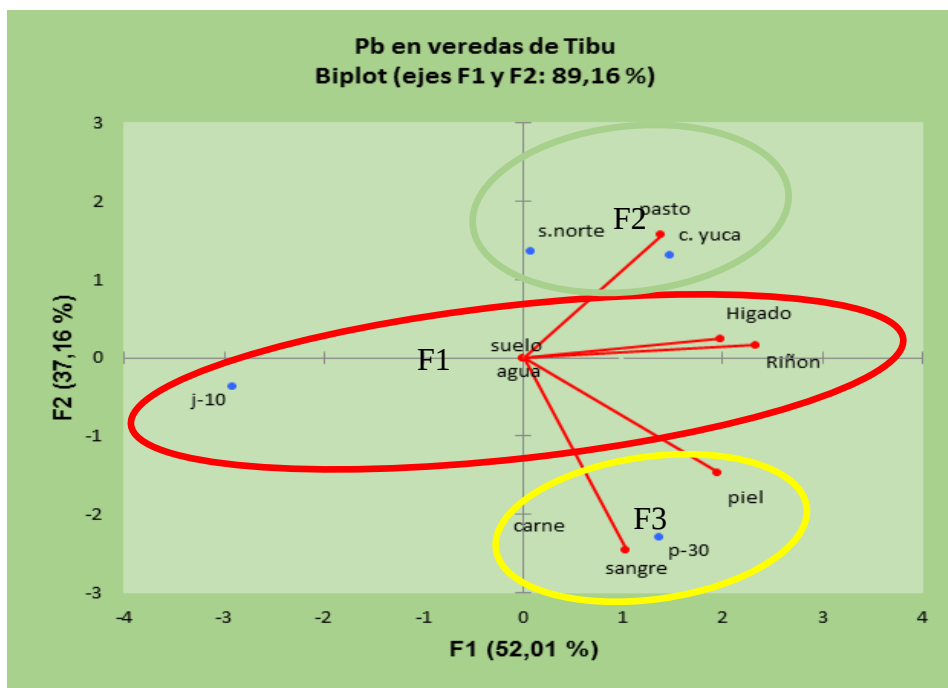
Fuente: propia

De acuerdo con el rango del coeficiente de correlación ($-1 \leq x \leq 1$); las correlaciones de algunos subproductos bovinos y las variables agua y suelo es de cero. Esto significa que entre los subproductos bovinos hígado, piel, riñón, sangre y carne no existe absolutamente ninguna correlación con el agua y el suelo. Dichos órganos tienen baja correlación con el pasto y como se dijo antes, la única correlación significativa es entre la carne y el riñón con el pasto.

Los resultados presentados en la figura del anexo N, se presenta la gráfica de sedimentación donde se establece a través del ACP tres factores (F_1 , F_2 , F_3), pero sólo el factor 1 y 2 son significativos porque son mayores de 1. En la matriz O se presenta la contribución de las variables para cada uno de los factores. Para el eje factorial 1, la mayor contribución se hace por el hígado y el riñón, El factor 2 está representado por la sangre y la carne y el factor 3 lo representan la piel y el pasto. Esta misma correlación se reflejó en la matriz de correlaciones. En la matriz del anexo P, de las contribuciones de cobre por vereda, se observa que el factor 1 lo representa la vereda j-10. El segundo factor está representado por P-30 y finalmente el factor 3. La mayor concentración de plomo se presentó en las muestras de las veredas Socuavó Norte y Campo Yuca. Se destaca la presencia del metal cobre en las cuatro veredas analizadas.

La Figura 11 o biplot, se presenta a continuación, donde se hace la proyección gráfica de los análisis descritos anteriormente y se puede observar con más claridad la relación existente entre subproductos bovinos, variables ambientales de consumo animal, el conjunto de metales pesados y las veredas en estudio.

Figura 11. Biplot: Distribución concentración de plomo en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del municipio Tibú, Norte de Santander. Año 2016



Fuente: propia.

Resumiendo, los análisis anteriores de la tabla 8 y 9, al igual que los resultados de los anexos N,O y P se concretan a través del mapa factorial o biplot que hay tres agrupamientos bien definidos. En el primer agrupamiento se observa correlación entre el hígado, el riñón y la vereda J-10. El segundo agrupamiento refiere correlación entre la sangre, la carne con la vereda P-30 y el tercer agrupamiento establece correlación entre la piel y el pasto con presencia de plomo en las veredas Campo Yuca y Socuavó Norte. Las variables agua y suelo no tuvieron correlación con ningún subproducto bovino, tal como se puede observar en la matriz de correlaciones.

CONCLUSIONES

La concentración de los metales pesados Cu, Cd, Pb y Zn en los subproductos bovinos estudiados en el municipio de Tibú del Norte de Santander, superaron los valores máximos permitido por la norma Europea, Reglamento (UE) No 488/2014. Las concentraciones más elevadas de estos metales se encontraron en los metales Pb y Cd en los subproductos carne, riñón e hígado.

Los análisis de componentes principales realizados, mostraron que las concentraciones del metal Cd estuvo presente en mayor proporción, en la vereda J10 en los subproductos bovinos sangre, hígado y en las muestras de aguas de bebida animal, aportando un 68,03% de la varianza explicada.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se llegó a la conclusión que, el ganado criado y comercializado en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, P-30 y J-10 del municipio de Tibú, no es apto para el consumo humano, debido a que las concentraciones de Cd, Cu y Pb son superiores a las máximas permitidas para estos metales por la Unión Europea.

En la determinación de los contenidos biodisponibles de Cd, Cu y Pb, en las muestras de suelos, pastos y agua de bebida animal, las concentraciones halladas en las veredas objeto de esta investigación, superaron los límites permitidos por la Unión Europea, a excepción del Pb que no estuvo presente en las muestras de suelo y pastos. La comparación de las concentraciones para los metales pesados con la obtenida en otros estudios, indica que los niveles presentes en los suelos estudiados son inferiores a los determinados por esos autores.

Tal como se relacionó en la discusión, los niveles de plomo en suelos y forrajes se encontraron dentro de los límites normales, sin embargo los niveles de Pb mayores que los permitidos hallados en agua, constituye un riesgo sustancial para la salud animal,

especialmente para los bovinos que pastorean y consumen agua de la zona de estudio y por consiguiente para la salud pública, por los hábitos alimenticios con base en proteína animal.

La aplicación del análisis de varianza (ANOVA) a las concentraciones de metales en las muestras pertenecientes al municipio de Tibú, en las cuatro veredas objeto de esta investigación, pone de manifiesto que solo existen diferencias significativas entre los metales, plomo y cobre en muestras de suelos y pastos.

Las concentraciones del metal Cu, en las veredas objeto de esta investigación, se encontraron en mayor proporción en las muestras de los subproductos bovinos carne, hígado y en las muestras de aguas de consumo animal en la vereda Socuavó Norte, y aportó un 59,30% de la varianza explicada.

Las concentraciones del metal Pb, en las veredas Campo Yuca, Socuavó Norte, J-10 y P-30 del Municipio de Tibú arrojadas por la técnica de análisis de componentes principales, estuvieron representado en los subproductos bovinos hígado y riñón, aportando un 52,01% de la varianza explicada.

El estudio de la homogeneidad (ANOVA), llevado a cabo mediante el análisis por triplicado de las muestras tomadas aleatoriamente, pone de manifiesto que la distribución del contenido de cadmio en las muestras no es homogénea. Por el contrario, para cobre y plomo, se observa la existencia de diferencias significativas.

Las concentraciones de Cd obtenidas en los suelos de las veredas estudiadas se encontraron por encima de los rangos establecidos por la norma europea. A excepción de la vereda P-30 donde la concentración de este metal, se encontró por debajo de la normativa.

Las concentraciones de Cd para el agua de bebida animal en las veredas estudiadas en Tibú municipio de Norte de Santander, se encontraron por encima de los límites permitidos por la norma.

Las concentraciones de Zn obtenidas en los subproductos bovinos de las veredas objeto de esta investigación, se encontraron dentro de los parámetros establecidos como normales de acuerdo a la normativa del Mineral Tolerance Animal, a excepción de las muestras de la vereda S. Norte que presentaron altas concentraciones de Zn.

Las menores concentraciones de los metales pesados Cu, Cd, Pb y Zn en los bovinos estudiados en el municipio de Tibú del Norte de Santander, se hallaron en las muestras de carne y sangre bovina de la vereda P -30.

La zona de estudio genera contaminación por metales pesados en las veredas estudiadas, debido a que la mayoría de las actividades desarrolladas utilizan en sus procesos productivos insumos o materias primas con contenidos de metales pesados, para el caso de la presente investigación Cadmio y Plomo, generando numerosos impactos negativos en la calidad de los recursos evaluados , los cuales se han clasificado como severo en su mayoría.

RECOMENDACIONES

Existe una necesidad de tener una reglamentación propia, más exigente, pues en nuestro país a diferencia de Europa se consumen las vísceras y el valor máximo permitido para estas matrices debe ser igual que para músculo. Por lo anterior se sugiere, que las autoridades ambientales y de salud, en conjunto con gremios como Fedegán y el ICA, evalúen el riesgo por metales pesados en la implementación de las buenas prácticas ganaderas, iniciando con el diagnóstico del grado de contaminación por finca, luego estableciendo los puntos críticos de contaminación e implementando medidas correctivas, asimismo solicitar mayor presencia de los entes de inspección, vigilancia y control en el departamento.

Se sugiere medir el impacto que el consumo de estos subproductos ha podido tener en la salud humana, dado que los grupos poblacionales pudieron haber estado afectados al consumir este tipo de subproductos.

Se sugiere difundir estos resultados ante los grupos ganaderos, la industria petroquímica y la Comisión de Seguridad Alimentaria de Norte de Santander, con el fin de hacerles saber del problema e incorporarlos en la búsqueda de soluciones.

Se recomienda realizar estudios epidemiológicos con el sector salud, en las personas de la población de las veredas del municipio de Tibú Norte de Santander.

Se recomienda determinar el nivel de Molibdeno en muestras de ganado bovino por absorción atómica con horno de grafito, que es un método más sensible.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

ARRIETA S. A; CORREDOR L. W; VERA P. JM. Valoración y cuantificación de metales pesados en carne de cerdo, pescado, pollo y res comercializados en Pamplona Norte de Santander. Rev. @limentech 13 (2): P 163-171. 2015

ALCOCER V. M; CASTELLANOS R. A; HERRERA CH. F; CHEL G. L; BETANCUR A.D. Detención de metales pesados y Diclorodifenil etano (DDT) en músculo y Órganos Bovinos en Yucatán. P 237- 247. México – Yucatán. 2007.

AOAC International. Official Method 999.10. Lead, Cadmium, Zinc, Copper and Iron in Foods Atomic absorption spectrophotometry after microwave digestion. 3p. 2002.

BLANCO P. I; CRUZ JM; LOPEZ A. M; MIRANDA M; CASTILLO C. Influence of copper status on the accumulation of toxic and essential metals in cattle. Enviromen Int; 32:901-906. 2006.

BRADMANN A; ESKENAZI B; SUTTON P. Iron deficiency associated with higher blood lead in children living in contaminated environments. *Environ Health Perspect*; 109:1079-84. 2001.

BROOKS, R.R. Geobotánica y hiperacumulacion en: Brooks, RR (Ed), plantas que hiperacumulan metales pesados CAB International, Wallingford, Oxon, Reino Unido, pp 55-94. 1998.

BUSTAMANTE J.J; CHAPARRO A.L; PELÁEZ M.J. Impacto de las actividades antrópicas derivadas de la industria petrolera en relación con la presencia de metales pesados en la ganadería bovina colombiana. *Rev. Toxicol* 32 (2): 127-130. 2015.

CANTY M; SCANION A; COLLINS D. MC; GRATH G; CLEGG T, LANE E. Sheridan M, . Cadmium and other heavy metal concentrations in bovine Kidneys in the republic of Ireland. *Sci Total Environ* 1 (485-486): 223 – 231. 2014.

CASTILLO M; PADILLA A; SUNIAGA J; BETANCOURT, M. E. Análisis de la lemna sp del lago de Maracaibo para su eventual utilización en la alimentación de rumiantes. *Rev. Agricultura andina* 10 (1): 3-8. 2005.

Comisión Técnica de Contaminantes de la Cadena Alimentaria de Cadmio en los alimentos AESA J. 980.:1-139. 2009.

Consejo nacional de política económica y social CONPES documento 3376 de septiembre 5. Política sanitaria y de inocuidad para las cadenas de la carne bovina y de la leche. (2005).

CORPOICA. Guía para la implementación de las buenas prácticas ganaderas, ministerio de agricultura y desarrollo. 2007.

DAS K., D. G. A; JAUNIAUX T. B.; J.M. Zn, Cu, Cd and Hg binding to metallothioneins in harbour porpoises *Phocoena phocoena* from the southern North Sea. BMC Ecology 6:2doi:10.1186/1472-6785-6-2. 2006.

DHIRAJ S. F; MAHAJA G; KAUR M. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – A review. Bioresource Technology. 99 (14): 6017 – 6027. 2008.

Diario Oficial de la Unión Europea. Reglamento (UE) No 488/2014 de la comisión de 12 de mayo de 2014 que modifica el Reglamento (CE) No. 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios. 75-78. 2014.

DUCKETT S.K; WAGNER D.G; YATES L.D; DOLEZAL H.G; MAY S.G. Effects of time on feed on beef nutrient composition. J Anim Sci 1993; 71:2079.2088.

FAO: organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. El estado mundial de la agricultura y la alimentación; parte 1. Cambios en el sector agropecuario. 2009.

FAY, D. S. *et al.* Atlas geoquímico de Irlanda. Colourbooks Ltd.,Dublín, Irlanda. (2007)

GARCÍA, J. Estandarización de un método para la digestión y extracción de Metales Pesados (Cd, Pb y Zn) tesis de grado título de químico. 2012.

GARCÍA S. F; VILLAREAL E.B. O.A; FRANCO G; FJ; HERNANDEZ H. J, ALVEAR A. K, CORREA M. D. Detección de plomo en hígado, músculo y riñón de bovinos REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 15, núm. 1, pp. 1-7 enero, España. 2014.

GONZÁLEZ, J. Metales pesados en carne y leche y certificación para la unión europea. 2009.

HARLIA, E.; SURYANINIGSIH, L; ISTIGOMAH, H; KOMARIAH, R.; SAFETY. Study of Milled Beef and Slices Beef Jerky Viewed from Cadmium and Plumbum Heavy Metals Contamination. *Procedia Food Science*, 3: 409-412. 2015.

KUNITO T; NAKAMURA S; IKEMOTO T; ANAN Y; KUBOTA R; TANABE S; ROSAS F.C.W; FILLMANN G; READMAN J.W. Concentration and subcellular distribution of trace elements in liver of small cetaceans incidentally caught along the Brazilian coast. *Mar Poll. Bull.* 49: 574-587. 2004.

LIU Y; LIU J; KLAASSEN CD. Metallothionein-null and wild-type mice show similar cadmium absorption and tissue distribution following oral cadmium administration. *Toxicol Appl Pharmacol.* 175:253-9. 2001.

MADERO G.A; MARRUGO, N.J. Detection of heavy metals in cattle, in the valleys of the Sinu and San Jorge rivers, department of Cordoba, Colombia. *Rev. MVZ Cordoba*, 16; 2391-2401 2011.

MADUABUCHI JM.; NZEGWU CN.; ADIGBA EO.; ALOKE RU.; EZOMIKE CN.; OKOCHA CE.; OBI E. y ORISAKWE OE. Lead and cadmium exposures from canned and non-canned beverages in Nigeria: a public health concern. *Sci Total Environ.* 366 (2-3): 621-6, 2006.

MANCERA, N; ALVAREZ, R. Current state of knowledge of the concentration of mercury and other heavy metals in fresh water fish in Colombia. Departamento de producción animal. Facultad de ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Fundación geosur. Bogotá, Colombia. 2006.

MENKE A, MUNTNER P; SILBERGELD E; PLATZ E, G. E. Cadmium levels in urine and mortality among U.S. adults. *Environ Health Perspect.* 117:190-6. 2009.

MILLS CF; QUARTERMAN J; CHESTERS JK; WILLIAMS RB; DALGARNO AC. Metabolic role of Zinc. Am J Clinic Nutr. 22: 1240. 1969.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y Universidad Nacional (UNAL). La ruta de la industria bovina: agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena cárnica bovina en Colombia. Pp: 250, 2009

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 1500 de 2007. Bogotá, 60 p. 2007

MIRANDA M.; LÓPEZ A. M.; CASTILLO C.; HERNÁNDEZ J, BENEDITO JL. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal level in calves from a polluted area of Norther Spain. Envirom Int 31:543-548. 2005.

MIRANDA M., BENEDITO JL; BLANCO P.I; LÒPEZ L. C; MERINO, A; LÒPEZ A. M. J. Metal Accumulation in cattle raised in a serpentine soil área: relationship.2009

NRC, Mineral Tolerance of Animals: Second Revised Edition. Academy of SciencesNational Research Council, Washington, D.C. 2005.

NWUDE Do; OKOYE Pac; BABAYEMI Jo. Assessment of heavy metal concentrations in the liver of cattle slaughter during three different seasons. Rev. j envirom sci. 5(3):288-294. 2011.

Plan básico de ordenamiento territorial. Municipio de Tibu. Norte de Santander POT 2012

ROQUEME J; PINEDO J; MARRUGO J; A. Metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del rio sinú, departamento de Córdoba. Hacia un contexto de las ciencias

ambientales: Iberoamérica, Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental. 2014.

SEIXAS T.G.; KEHRIG H.A.; COSTA M.; FILLMANN G.; DI B. A.P.M., SOUZA C.M.M.; SECCHI E.R.; MOREIRA I.; MALM O. Ecological and biological determinants of trace Elements accumulation in liver and kidney of *Pontoporia blainvillei*. *Sci Total Environ.* 385: 208–220. 169. 2007.

Tabla de Composición de los Alimentos para Uso Práctico. Revisión. Publicación No. 64. Serie de Cuadernos Azules. Venezuela: Instituto Nacional de Nutrición (INN). 2010.

YACOMELO H. M.. Riesgo toxico en personas expuestas a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, al sur del atlántico. Tesis de grado. Título Magister en ciencias Agrarias. 2014.

ZAMORA, F. R.; TORRES R. D. G; RODRÍGUEZ G. N. J; YENDIS C. H. J. Uso de agua residual y contenido de materia orgánica y biomasa microbiana en suelos de la llanura de coro, Venezuela. *Agricultura Técnica en México* [en línea] 2009. 35 (Abril-Junio): [Fecha de consulta: 7 de septiembre de 2016] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60812688008>> ISSN 0568-2517. 2009.

ZENG F, Ali S; Zhang H; Ouyang Y; Qiu B; Wu F; Zhang G. The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. *Environ Pollut.* 159 (1): 84-91. 2011.

ANEXOS

Fotografías de fincas ganaderas en algunas veredas del municipio de Tibú, Norte Santander. Año 2016

Anexo A. Fincas cercanas a extracción petrolera, sitio de pastores de bovinos. Norte de Santander. Año 2016



Anexo B. fincas de cercanas extracción petrolera al sitio de pastores, bebederos de agua de bovinos. Municipio de Tibú. Norte de Santander. Año 2016.



Anexo C. fotografía del Proceso de sacrificio bovino, Tibú. Norte de Santander año 2016



Anexo D. fotografía del Proceso de sacrificio bovino, Tibú, Norte de Santander



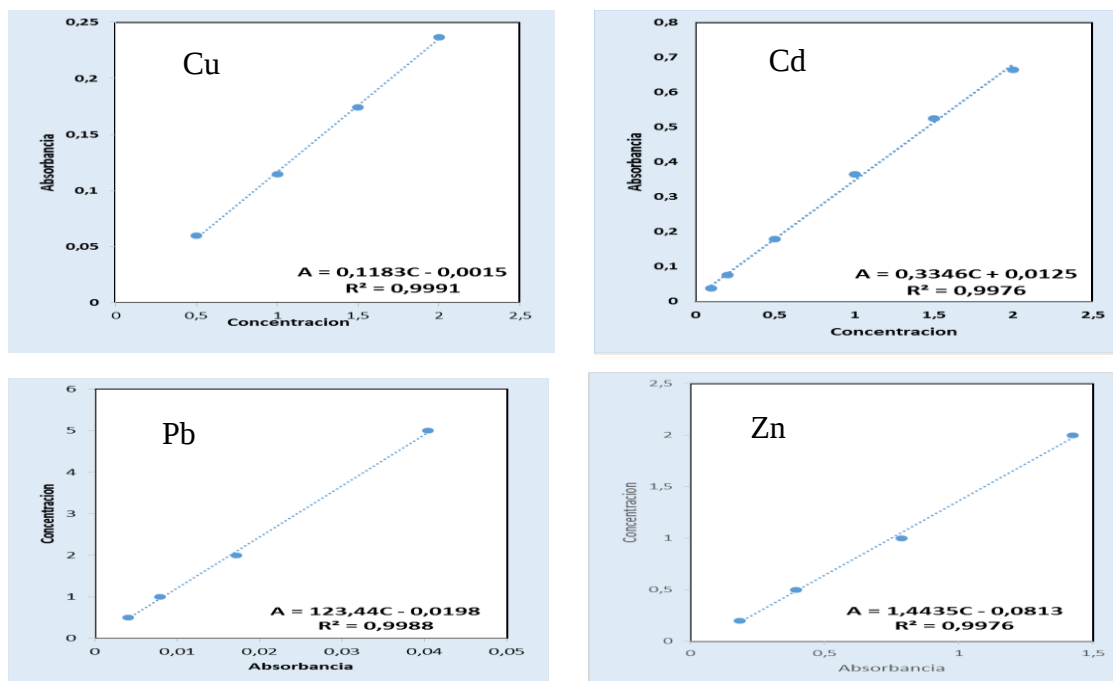
Anexo E. fotografía de bovino cebú comercial en canal, donde se tomaron algunas muestras de carne.



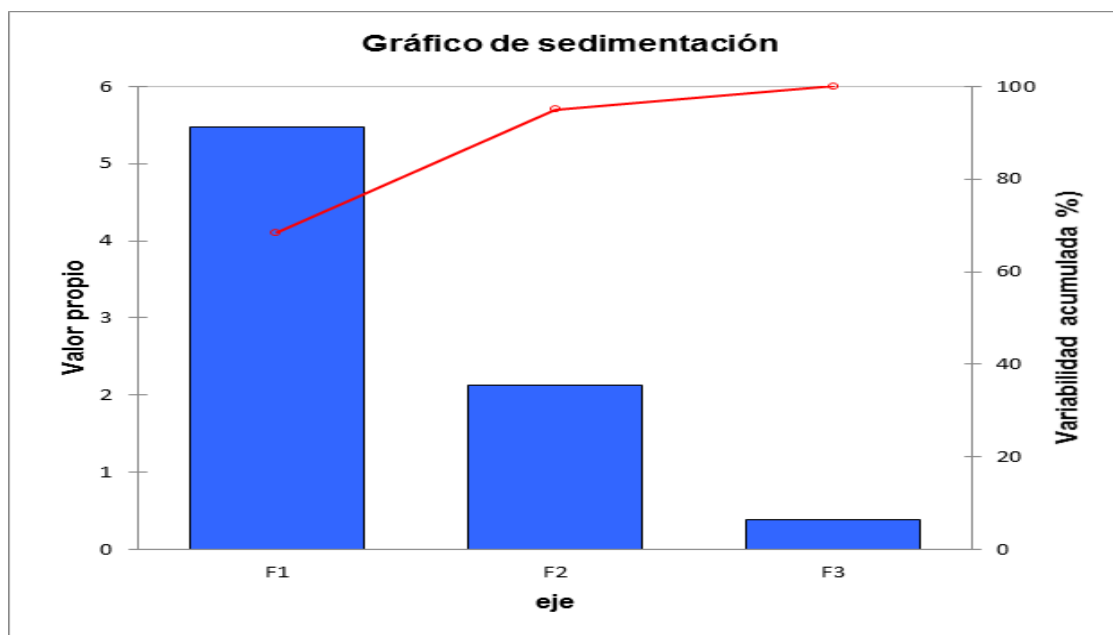
Anexo F. Fotografías de vísceras rojas donde se realizaron algunos muestreos de riñón e hígado



Anexo G. Curvas de calibración para los metales Cd, Cu, Pb y Zn evaluados en las veredas objeto de esta investigación



Anexo H. Sedimentación de las variables, para el cadmio en las veredas del municipio de Tibú, Norte de Santander. Año 2016.



Anexo I. Matriz de contribución de variables del Cadmio en las veredas del municipio de Tibú.

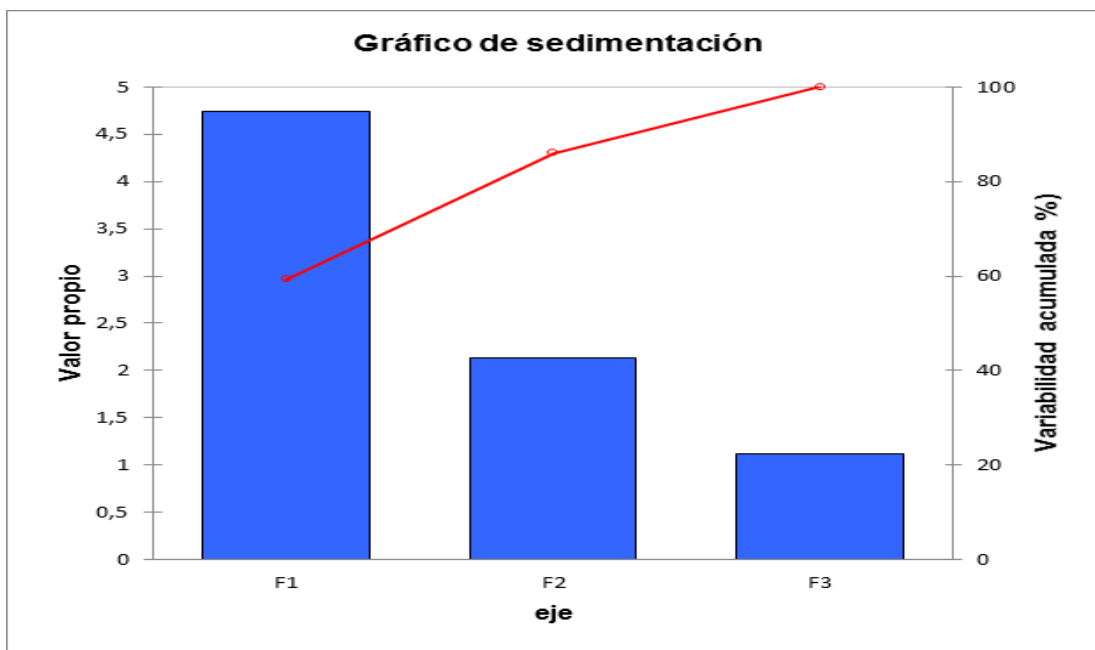
	F1	F2	F3
hígado	13,053	11,054	12,658
piel	16,672	2,314	9,802
riñón	0,040	46,703	0,186
sangre	16,177	4,617	4,223
carne	13,378	0,629	64,356
agua	17,996	0,364	2,021
pasto	12,114	14,602	6,502
suelo	10,570	19,716	0,252

Fuente Propia

Anexo J. Matriz de contribución de los factores del Cadmio en las veredas del municipio de Tibú

	F1	F2	F3
Campo Yuca	1,579	53,097	20,323
J-10	66,353	7,393	1,254
Socuavó Norte	1,967	2,338	70,695
P-30	30,100	37,172	7,727

Anexo K. Sedimentación de las variables, para el cobre en las veredas del municipio de Tibú, Norte de Santander. Año 2016



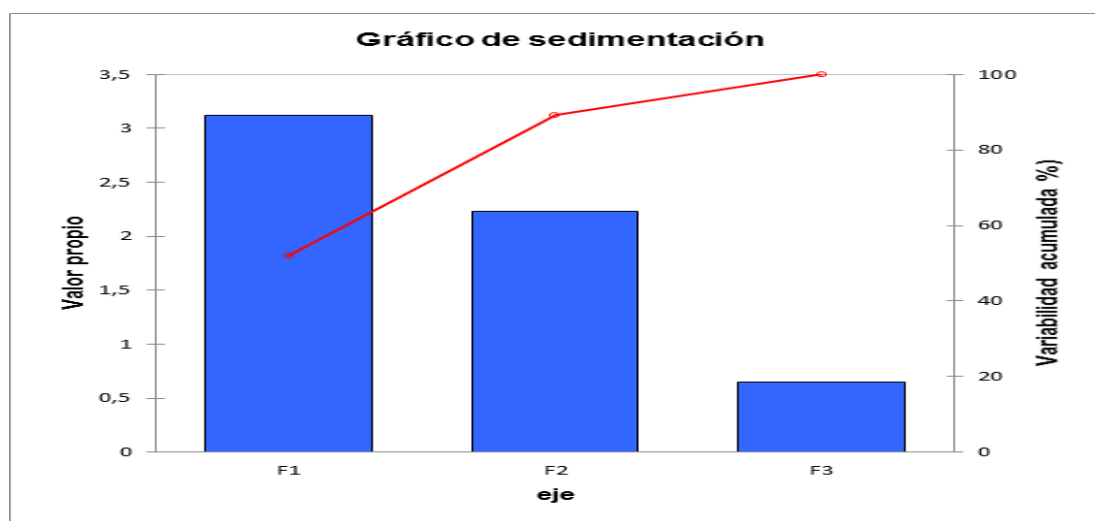
Anexo L. Matriz de contribución de variables del Cobre en las veredas del municipio de Tibú.

	F1	F2	F3
hígado	15,650	11,457	1,166
piel	10,091	24,258	0,334
riñón	13,688	16,429	0,009
sangre	3,562	34,649	8,181
carne	18,885	3,291	3,015
agua	19,291	0,051	7,458
pasto	7,671	6,894	43,571
suelo	11,163	2,971	36,267

Anexo M. Contribución de los factores del Cobre en las veredas del municipio de Tibú

	F1	F2	F3
Campo Yuca	34,406	37,767	2,827
J-10	7,106	0,521	67,372
Socuavó Norte	45,773	0,870	28,357
P-30	12,714	60,842	1,444

Anexo N. Sedimentación de las variables, para el Plomo en las veredas del municipio de Tibú, Norte de Santander. Año 2016



Anexo O. Matriz de contribución de variables del Plomo en las veredas del municipio de Tibú.

	F1	F2	F3
hígado	22,356	12,630	3,204
piel	23,075	0,351	41,857
riñón	31,876	0,153	0,293
sangre	6,283	35,213	2,908
carne	5,201	37,247	1,127

agua	0,000	0,000	0,000
pasto	11,209	14,407	50,611
suelo	0,000	0,000	0,000

Anexo P. Matriz de contribución de los factores del Plomo en las veredas del municipio de Tibú

	F1	F2	F3
Campo Yuca	17,378	19,142	38,480
J-10	67,829	1,526	5,645
Socuavó Norte	0,052	20,515	54,433
P-30	14,740	58,817	1,443



CERTIFICADO

A: Alexandre Arrieta; John J. Bustamante; Amanda L. Chaparro

Por su participación como: CARTEL

EVALUACIÓN DE ALIMENTOS

EVALUACION DE RESIDUOS TOXICOS DE METALES PESADOS EN BOVINOS DESTINADO PARA CONSUMO HUMANO EN TIBU-COLOMBIA

Dado en La Habana a los 10 días del mes de junio de 2016.

Dra. Lourdes Valdés Fraga
Presidenta Comité Organizador



III CONGRESO INTERNACIONAL AGROALIMENTARIO – CIAA 2015

EL COMITÉ ORGANIZADOR CONFIERE MENCIÓN POR COMUNICACIÓN POSTER
A:

**ALEXANDRE ARRIETA, WENDY CORREDOR
Y JOSE M. VERA ROMERO**

VALORACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE METALES PESADOS EN CARNE DE CERDO, PESCADO, POLLO Y RES
COMERCIALIZADOS EN PAMPLONA – NORTE DE SANTANDER
SEGURIDAD ALIMENTARIA

Para efectos oportunos se firma el presente certificado en Cúcuta, Norte de Santander (Colombia) a los seis (6) días
del mes de Noviembre de dos mil quince (2015).

LIDA Y. MAIDONADO MATEUS
Presidente CIAA 2015

OSCAR A. FIALLO SOTO
Vicerrector Académico



BISTUA

Constancia

El suscrito editor de Bistua: revista de la facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Pamplona, ISSN 0120-4211 certifica que recibió el artículo denominado: Residuos de metales tóxicos en suelos agrícolas de veredas cercanas a explotaciones petroleras en Tibú-Norte de Santander

Cuyos autores son: **Alexandre Arrieta, Amanda L Chaparro, Gladys Montañés y Jhon Jairo Bustamante**

Este artículo ha sido evaluado y será publicado en el próximo Vol de nuestra revista a editar en el mes de Junio del 2017.

En constancia de los anterior se firma en Pamplona, a los 15 días del mes de Marzo de 2017.

ALFONSO QUIJANO PARRA, Ph. D

Editor revista Bistua

ISSN 01204211