



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA A OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de
Investigación – RENATI. Resolución del Consejo Directivo de
SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: **ROQUE GONZALEZ JUAN MOISÉS**

Código de alumno: **2015.0310.3.AE**

Correo electrónico: jmrg5556@cip.org.pe

Teléfono: **995138836**

DNI O Extranjería: **08432055**

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

3. Título Profesional:

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

**EFFECTOS TÓXICOS DEL SELENIO CONTENIDO EN PLANTAS DE GARBANCILLO
(Astragalus sp.), SOBRE LA SALUD DE ANIMALES DE CRÍA EN EL DEPARTAMENTO DE
ANCASH**

5. Facultad de:

6. Escuela, Carrera o Programa: Doctorado en Ingeniería Ambiental

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: **HIDALGO CAMARENA PRUDENCIO CELSO**

Teléfono: **943203136**

Correo electrónico: celhica@gmail.com

DNI o Extranjería: **31671118**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.:

08432055

FECHA:

29/04/2019



UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”

ESCUELA DE POSTGRADO

EFFECTOS TÓXICOS DEL SELENIO CONTENIDO EN PLANTAS DE GARBANCILLO (*Astragalus sp.*), SOBRE LA SALUD DE ANIMALES DE CRÍA EN EL DEPARTAMENTO DE ANCASH

Tesis para optar el grado de Doctor
en Ingeniería Ambiental

JUAN MOISÉS ROQUE GONZALEZ

Asesor: **Dr. PRUDENCIO CELSO HIDALGO CAMARENA**

**Huaraz - Ancash - Perú
2018**

N° de Registro: TE0054

MIEMBROS DEL JURADO

Doctor *Pedro Liberato Valladares Jara* Presidente

Doctor *Percy Olivera Gonzales* Secretario

Doctor *Prudencio Celso Hidalgo Camarena* Vocal

ASESOR

Doctor Prudencio Celso Hidalgo Camarena

AGRADECIMIENTO

- A los docentes de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por contribuir a mi formación académica.
- A mi Asesor Doctor Prudencio Celso Hidalgo Camarena, por su valiosa orientación para realizar mi tesis.
- Al personal especializado de: Laboratorio de Investigación Química de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Laboratorio Arzobispo Loayza (UAL), Laboratorio de Química y Corrosión de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y el Laboratorio Certificaciones del Perú S.A. (CERPER); por los análisis fitoquímicos y determinaciones de selenio.
- A la Dra. Haydee Montoya T. de la Sección Herbario del Museo de Historia Natural de la UNMSM, por la identificación taxonómica de las muestras de *Astragalus sp.*
- A todas las personas que apoyaron la recolección de muestras de suelos y plantas.

A mi madre y hermanos,

A mi esposa e hijos.

INDICE

| | Página |
|---|--------|
| Resumen | vii |
| Abstract | viii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivos | 2 |
| Hipótesis | 3 |
| II. MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1 Antecedentes | 4 |
| 2.2 Bases teóricas | 8 |
| 2.2.1 El selenio (Se) | 8 |
| 2.2.2 Propiedades del selenio en los tejidos animales | 9 |
| 2.2.3 Selenio en el suelo | 10 |
| 2.2.4 Selenio en las plantas | 11 |
| 2.2.5 Absorción y transporte del selenio en las plantas | 12 |
| 2.2.6 Actividad biológica del selenio en los animales | 13 |
| 2.2.7 Deficiencia de selenio en los Animales | 15 |
| 2.2.8 Toxicidad del selenio | 17 |
| 2.2.9 Plantas del género <i>Astragalus</i> | 19 |
| 2.3 Definición de términos | 22 |

| | Página |
|--|--------|
| III. METODOLOGÍA | 23 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación | 23 |
| 3.2 Plan de recolección de la información | 23 |
| 3.2.1 Población | 23 |
| 3.2.2 Muestra | 23 |
| 3.3 Instrumentos de recolección de la información | 25 |
| 3.3.1 Equipos | 25 |
| 3.3.2 Materiales | 25 |
| 3.3.3 Lugares de trabajo | 26 |
| 3.4 Procedimiento | 26 |
| 3.4.1 Preparación de muestras | 26 |
| 3.4.2 Técnicas de análisis | 28 |
| 3.5 Instrumentos de recopilación de datos | 30 |
| 3.6 Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información | 30 |
| IV. RESULTADOS | 31 |
| 4.1 Identificación taxonómica | 31 |
| 4.2 Análisis fitoquímico | 35 |
| 4.3 Análisis de ácidos grasos | 35 |
| 4.4 Análisis de esteroides | 36 |
| 4.5 Análisis de selenio y otros metales | 36 |
| 4.6 Evaluación clínica de animales afectados | 39 |

| | Página |
|--|--------|
| V. DISCUSIÓN | 41 |
| 5.1 Identificación taxonómica | 41 |
| 5.2 Análisis fitoquímico | 41 |
| 5.3 Análisis de ácidos grasos | 42 |
| 5.4 Análisis de esteroides | 42 |
| 5.5 Análisis de selenio y otros metales | 43 |
| 5.6 Evaluación clínica de animales afectados | 46 |
| VI. CONCLUSIONES | 48 |
| VII. RECOMENDACIONES | 50 |
| VIII. BIBLIOGRAFÍA | 51 |
| ANEXO | 57 |

RESUMEN

En las praderas nativas alto andinas del Perú, donde pastorea el ganado vacuno, ovino y equino la mortalidad de estos animales alcanza niveles del 5% de la población debido a la ingestión de plantas de garbancillo.

La presente investigación permite conocer las especies de garbancillo que prosperan en el departamento de Ancash, así como los componentes químicos que contiene esta planta y que son responsables de la toxicidad en los animales.

La identificación de especies se realizó en la Sección Herbario del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y sus componentes químicos se determinó a través de: análisis fitoquímico (método Lock de Ugaz, 1994), ácidos grasos y esteroides (método cromatografía de gases), metales (método espectroscopia de emisión por plasma inductivamente acoplado) y selenio (absorción atómica con generación de hidruros).

Las especies encontradas son: *Astragalus garbancillo* Cav. y *Astragalus brackenridgel* A. Gray. Los compuestos mayoritarios hallados fueron: alcaloides, taninos y fenoles, esteroides, triterpenos; ácidos grasos, esteárico, cis-oleico, linoleico y palmítico; esteroides, brassicasterol, β -sitosterol, estigmasterol; metales, K (15 g/Kg), Ca (9,65 g/Kg), Mg (2,07 g/Kg), Fe (0,37 g/Kg), Al (0,25 g/Kg) y Se (1,7 mg/Kg). El contenido de selenio en suelos donde crece el garbancillo tiene niveles menores a 0.050 mg/kg. En conclusión, la adicción del ganado al consumo del garbancillo se debe a los alcaloides que contiene y la morbi-mortalidad a la intoxicación con selenio, porque esta planta es acumuladora de selenio.

PALABRA CLAVE: Selenio, toxicidad, *Astragalus sp.*, suelos, animales.

ABSTRACT

In the high Andean native prairies of Peru, where cattle, sheep and horses graze, the mortality of these animals reaches levels of 5% of the population due to the ingestion of garbancillo plants.

The present investigation allows to know the species of garbancillo that thrive in the department of Ancash, as well as the chemical components that contain this plant and that are responsible for the toxicity in the animals.

The identification of species was made in the Herbarium Section of the Museum of Natural History of the National University of San Marcos and its chemical components were determined through: phytochemical analysis (Lock of Ugaz, 1994 method), fatty acids and sterols (gas chromatography method), metals (inductively coupled plasma emission spectroscopy method) and selenium (atomic absorption with hydride generation).

The species found are: *Astragalus garbancillo* Cav. and *Astragalus brackenridgel* A. Gray. The major compounds found were: alkaloids, tannins and phenols, steroids, triterpenes; fatty acids, stearic, cis-oleic, linoleic and palmitic; sterols, brassicasterol, β -sitosterol, stigmasterol; metals, K (15 g / Kg), Ca (9.65 g / Kg), Mg (2.07 g / Kg), Fe (0.37 g / Kg), Al (0.25 g / Kg) and Se (1.7 mg / Kg). The selenium content in soils where the garbancillo grows has levels lower than 0.050 mg / kg. In conclusion, the addiction of cattle to the consumption of garbancillo is due to the alkaloids and morbidity and mortality due to selenium poisoning, because this plant is selenium accumulator.

KEY WORDS: Selenium, toxicity, *Astragalus* sp., soils, animals

I. INTRODUCCIÓN

Las plantas tóxicas representan una de las causas principales de pérdidas económicas en la ganadería. Las pérdidas pueden ser de tipo directo, las cuales incluyen: muerte y/o pérdida de producción en los animales intoxicados, abortos, incremento en el intervalo entre partos, defectos congénitos, debilidad, fotosensibilidad, Etc. y de tipo indirecto, asociadas a los esfuerzos para controlar o minimizar el envenenamiento de los animales, tales como la construcción de cercos adicionales, alimentación suplementaria, arreos extraordinarios, medicamentos, así como pérdidas de forraje debido a la perturbación en los programas de pastoreo.

En condiciones normales, el ganado no consume plantas tóxicas, a menos que esté forzado por el hambre. El problema de consumo de plantas tóxicas se presenta en aquellas praderas sometidas al sobrepastoreo, donde ocurre la proliferación de especies invasoras por agotamiento de las especies apetecibles para el ganado. Por lo tanto, la forma más importante de prevenir la intoxicación por plantas nocivas, es la correcta utilización de las zonas de pastoreo, aplicando una adecuada presión de pastoreo acorde con su capacidad de soporte. Al aumentar la población de plantas indeseables en una pradera, se disminuye por consiguiente la carga animal y la producción de carne o lana por hectárea.

El Garbancillo es una leguminosa silvestre que se hace presente o incrementa su población en las praderas nativas de la zona alto andina del Perú, sometidas a un sobrepastoreo excesivo. Normalmente, cuando la pradera nativa alto andina está en buenas condiciones, la presencia del Garbancillo

pasa desapercibida e igualmente el ganado lo ignora. Pero, cuando la pradera está sobre pastoreada, se comporta como una planta invasora e incrementa su población en desmedro de las especies con aptitud forrajera para el ganado; entonces, cuando llega la época de estiaje el ganado lo ingiere, generándole con el tiempo un proceso de intoxicación aparentemente por selenio y otras sustancias no determinadas contenidas en esta planta, cuyos signos clínicos empiezan con una fuerte adicción a consumirla, seguida de una afección clara al sistema nervioso y la muerte en las fases avanzadas, haciendo inviable el consumo de la carne de un animal muerto por intoxicación con garbancillo. Se estima que en la sierra alto andina del Perú la mortalidad de animales que consumen esta planta es considerable, llegando hasta un 5% de la población de vacunos, ovinos y equinos.

Según la literatura revisada, el alto contenido de selenio que existe en plantas de Garbancillo, sería la sustancia que genera la toxicidad en animales, generando desequilibrios en los tejidos nerviosos, ocasionándoles finalmente la muerte. Según Ganasal (2011), se presentan problemas de toxicidad por selenio cuando los animales consumen cantidades mayores a 5 mg/día y las deficiencias se presentan cuando el consumo es inferior a 0.1 mg/día.

Objetivos

a. General

Evaluar los efectos tóxicos del selenio, contenido en plantas de garbancillo (*Astragalus sp.*) en la salud de animales de cría en el departamento de Ancash.

b. Específicos

- Identificar las especies de garbancillo existentes en el departamento de Ancash.
- Realizar una marcha fitoquímica, para determinar las sustancias que contiene el garbancillo, en especial el selenio.
- Determinar la presencia de selenio en los suelos del departamento de Ancash donde prospera el garbancillo.
- Determinar el efecto patológico y la sintomatología de animales afectados por consumo de garbancillo.

Hipótesis

La alta concentración de Selenio, contenido en el garbancillo es la sustancia que causa la morbi-mortalidad de animales de cría en el departamento de Ancash.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según Brack (1999), el selenio es un micronutriente necesario para todas las formas de vida conocidas, que se encuentra en el pan, los cereales, el pescado, las carnes, las lentejas, la cáscara de las papas y los huevos. También afirma que entre las plantas, el *Astragalus garbancillo* contiene selenio y plantea la necesidad de identificar y cuantificar sus niveles de contenido.

Avendaño y Flores (1999) señalan que el *Astragalus mollisimus* Torrey var. *Irolanus*, cuyo nombre común es garbancillo, chin-chin, sonadora, yerba loca, es tóxica para el ganado equino, bovino, ovino y caprino. Ocasiona daños en el sistema nervioso (locura aparente), pelo hirsuto; en bovinos la cabeza tiembla en sentido horizontal, en ovinos debilidad y depresión. Pasos tambaleantes, mirada fija, incoordinación muscular, edema en mucosa estomacal, ulceraciones alrededor del píloro; vacas gestantes abortan fetos macerados.

García (2009), informa que el *Astragalus membranaceus* contiene un gran número de componentes activos, como polisacáridos, glucósidos triptéricos y saponinas; sin embargo, recomienda que es necesario realizar estudios más profundos para desentrañar su verdadera naturaleza. Analizando la misma especie, el Instituto Bioquímico citado por Cristina (2015) encontró una serie de compuestos como polisacáridos y saponinas triterpenoides, flavonoides (afromormosina, calicosina, odoratina), alcaloides y aminos biogénicos como el ácido gamma amino butírico (GABA), así como también cantidades significativas de selenio. Del *Astragalus corniculatus*, se ha obtenido

flavonoides como la vitexin, orientin y el eriodictiol-7-O-glicosido y el isorhamnetina-3-O-glicosido (Krasteva y Nikolov, 2008).

Reinoso y Soto (2009), sostienen que la vitamina E y el selenio (Se) son micronutrientes esenciales que intervienen en las defensas antioxidantes del organismo y que el stress oxidativo ha sido asociado con la etiología de ciertos desórdenes productivos y reproductivos, principalmente en vacas lecheras de alta producción, como por ejemplo: retención de placenta, metritis postparto, mastitis, etc. Así mismo, Hogan, *et al.* (1990), han demostrado que los neutrófilos de vacas deficientes en selenio son menos funcionales que en vacas con adecuado nivel de selenio. Este efecto podría explicarse porque la suplementación de selenio reduce la retención de membranas fetales.

Jaffé (1992), informa que la actividad fisiológica del selenio se detectó primero por su efecto tóxico en ganado y caballos en los años 30, debido a que un consumo excesivo produjo la llamada "alkali disease" observada primero en Wyoming y Nebraska de los Estados Unidos de Norte América, la cual se manifestó con caída del pelo, malformaciones de uñas, cirrosis hepática y muerte.

Robles y otros (2000) dan cuenta de la muerte de 220 (73 por ciento) de un total de 300 ovejas causada por la ingestión de plantas de *Astragalus*. El curso clínico varió de 8 a 12 días y se caracterizó por debilidad general, pérdida de apetito, ataxia, ceguera, decúbito y muerte. En el estudio histopatológico el principal hallazgo fue la vacuolación en neuronas del sistema nervioso central (SNC), en células epiteliales de riñón y parénquima hepático, siendo prominente en células de Purkinje del cerebelo. Se detectó una marcada

astrocitosis y presencia de esferoides eosinofílicos tanto en sustancia gris como blanca del cerebro. En el potrero problema se encontraron numerosos ejemplares de *Astragalus pehuenches*.

Dunin (2007), determinó que las causas de la toxicidad de *Ipomoea carnea* en el ganado caprino, son su contenido de los alcaloides swansonina y calystegina y el selenio. También investigó la relación entre la distribución de selenio en el suelo y su absorción por la planta en Jaguar Negro, Las Lomas y Coto de Caza El Angolo, en el departamento de Piura, determinando que esta relación es inversa.

Martínez y otros (2014), estudiando casos de intoxicación en ovinos y equinos por consumo de garbancillo, atribuyen la patología de los animales al consumo de la swainsonina que es la sustancia tóxica producida por el hongo endófito que afecta a las plantas de garbancillo. Describen que, los animales intoxicados presentan dificultad para caminar, con pasos descoordinados en fuerza y distancia, pérdida del equilibrio y algunos parecen ciegos, chocándose contra alambrados y arbustos. Estos signos clínicos se deben a las lesiones que produce el tóxico en las células del sistema nervioso central (SNC), principalmente en cerebelo y cerebro. Las lesiones consisten en vacuolas o lagunas que se forman por acumulación de sustancias que al no poder liberarse terminan produciendo la muerte de la célula nerviosa o neurona. Finalmente, refieren que los ganaderos realizan la cosecha y quema de las plantas, otros fumigan con compuestos químicos.

Abam y otros (2016), realizando una intoxicación experimental con garbancillo en cuyes, notaron la presencia de signos patológicos a partir del

noveno día, inicialmente disminución del consumo y pérdida de peso; con el correr de los días, se apreciaron anormalidades en las respuestas a los estímulos (rechazo a la manipulación, estado alerta del sensorio) y finalmente los animales presentaron ataxia del tren posterior, incoordinación y renuencia al movimiento. La eutanasia se efectuó cuando los animales presentaron sintomatología severa de intoxicación. En el sistema nervioso central de los animales intoxicados se evidenció vacuolización citoplasmática de las neuronas y de las células de los plexos coroideos.

2.2. Bases teóricas

Según INEI (2012), en el departamento de Ancash existe 769 451,07 Has. de pastos naturales que es la base de la alimentación de ganado vacuno, ovino, equino, caprino y camélidos sudamericanos. Ramos (2003), menciona que el sobrepastoreo genera la desaparición de especies de buen valor forrajero y la proliferación de especies invasoras como: *Margyricarpus pinnatus*, *Tetraglochin alanatum*, *Baccharis mycropylla*, *Opuntia flocosa*, *Azorella yanta*, *Pycnophyllum bryoides*, *Pycnophyllum molle*, *Parastrephia phyllicaeformis*, *Werneria nubigena*, *Astragalus dielsii*, *Astragalus garbancillo*, entre otras.

En especial, las plantas del género *Astragalus* aparentemente contienen un alto nivel de selenio que generan disturbios en la salud de los animales que lo consumen, llevándolos hasta la muerte. Se estima que las pérdidas por muerte que produce esta planta significan el 5% de la población de vacunos, ovinos y equinos que pastorea en las praderas alto andinas del Perú. El problema de intoxicación de animales que consumen el garbancillo, está extendido en toda la zona alto andina del Perú, siendo en el departamento de Ancash el hábitat natural de esta planta entre los 3 500 y 4 800 m.s.n.m.

2.2.1 El selenio (Se)

Villanueva (2011), describe al selenio (del griego *selene*, luna; símbolo Se), como un elemento semimetálico, cuyo número atómico es 34 y que fue descubierto por el químico sueco Jöns Jakob Berzelius en 1817. Al respecto,

Acosta (2007) refiere que en el orden de abundancia de los elementos, ocupa el sexagésimo noveno lugar, siendo un elemento bastante escaso ya que su contenido en la corteza terrestre es de 0,09 ppm. y se encuentra en cantidades muy pequeñas pero detectables en todos los suelos, tanto forestales como agrícolas; químicamente forma con el hidrógeno y el oxígeno los siguientes compuestos: ácido tetraoxoselénico (H_2SeO_4), ácido trioxoselénico (H_2SeO_3), seleniuro de hidrógeno (H_2Se), óxido de selenio (SeO_2); puede también ocupar el lugar del azufre en ciertos aminoácidos (cistina, metionina); finalmente, señala que el selenio es un elemento que se encuentra en forma constante pero en pequeñas cantidades en los tejidos animales y que es uno de los micronutrientes esenciales para los animales.

2.2.2 Propiedades del selenio en los tejidos animales

Ganasal (2011), sostiene que el selenio (Se) tiene un papel importante en el buen funcionamiento del sistema inmunitario, la reproducción, como en la formación de los músculos y correcto funcionamiento del corazón. Su déficit provoca: trastornos reproductivos, retención de placenta, abortos, terneros débiles, mastitis, miodegradación o enfermedad del músculo blanco, distrofia muscular nutricional, corazón de mora y bajas ganancias de peso. Las fuentes de selenio son: selenito de sodio, selenio metionina y selenio cistina.

Acosta (2007), refiere que el selenio es un elemento que se encuentra en forma constante pero en pequeñas cantidades en los tejidos animales. Investigaciones de tipo bioquímico, ubican al selenio como uno de los micronutrientes esenciales para los animales.

Jaffé (1992), sostiene que el selenio forma parte de la enzima glutation-peroxidasa. Existe una estrecha relación entre el nivel de esta enzima y del elemento selenio en el suero y en la leche. Diferentes plantas tienen muy diferente capacidad de acumular selenio. La glutation-peroxidasa protege membranas celulares porque destruye peróxidos endógenos, inhibiendo la peroxidación de lípidos. Existen otras selenoproteínas en musculatura, una proteína transportadora de Selenio, dehidrogenasa de xantina y algunas enzimas bacterianas.

2.2.3 Selenio en el suelo

Según Ganasal (2011), el contenido de selenio en el suelo es muy bajo con concentraciones menores de 0.2 ppm. El exceso se presenta generalmente bajo condiciones de clima árido, suelos derivados de rocas sedimentarias. Al respecto, Huang y otros (2008), consideran que concentraciones mayores de 0.5 mg/kg en suelo, es considerado tóxico y puede estar involucrado en la carcinogénesis, problemas en el sistema inmune, problemas cardiovasculares, efectos teratogénicos, etc.

Jaffé (1992), señala que el selenio es absorbido del suelo por las plantas e incorporado mayormente en las proteínas en forma de selenometionina o selenocisteína. A través de las plantas llega a los organismos animales por vía de la alimentación. El selenio reduce la toxicidad del mercurio, del cadmio y de otros metales tóxicos. Todo el Selenio de los alimentos proviene del suelo, que puede ser rico o también muy pobre en este elemento.

En los períodos con altas precipitaciones el contenido de selenio de las pasturas tiende a disminuir debido a la pérdida de selenio del suelo por lixiviación y a la dilución del contenido de selenio en las plantas que crecen rápidamente (Underwood y Suttle, 1999) citado por Reinoso (2009).

Dunin (2007), En la mayoría de suelos, el selenio se encuentra en una muy baja concentración y a menudo su contenido es menor de 0,2 μg de suelo. Los contenidos de selenio en el suelo están positivamente relacionados con el contenido de materia orgánica, del carbonato total y de arcilla. El selenio en el suelo en forma orgánica o en forma de Se^{2-} , SeO_3^- y SeO_4^- se encuentran unidos a la arcilla.

2.2.4 Selenio en las plantas

Ganasal (2011), refiere que la planta toma el selenio del suelo como iones selenato ($\text{SeO}_4^{=}$) o Selenito ($\text{SeO}_3^{=}$). El contenido en las plantas varía entre 0.01 y 1 ppm. Existe evidencia de que el selenio puede acumularse en los tejidos corporales de los organismos y puede ser transportada en la cadena alimenticia hacia niveles superiores. Normalmente esta biomagnificación de selenio comienza cuando los animales ingieren muchas plantas que han estado absorbiendo enormes cantidades de selenio. Al respecto, Huang y otros (2008), consideran que concentraciones de 5 mg/kg en planta, es considerado tóxico y puede estar involucrado en la carcinogénesis, problemas en el sistema inmune, problemas cardiovasculares, efectos teratogénicos, etc.

Generalmente, se acepta que un contenido entre 0.1 a 0.3 mg Se/kg en especies vegetales de consumo animal es el adecuado para la mayoría de los animales (Mayland, 1994, citado por Moreno, 1998).

2.2.5 Absorción y transporte del selenio en las plantas

Salgado (2006), sostiene que debido a la especiación del selenio en el suelo, en forma inorgánica predominantemente, su entrada en la planta se va a producir fundamentalmente por absorción vía radicular, de forma análoga a como entran los nutrientes u otros elementos traza. Las raíces de las plantas poseen mecanismos tanto activos como pasivos de entrada de elementos minerales, por lo que su tasa de absorción estará gobernada por mecanismos fisiológicos que son determinantes para la supervivencia de la planta. Sin embargo, los mecanismos de homeostasis son imperfectos y la entrada de elementos en concentraciones tóxicas puede producirse si éstos se encuentran en el suelo en cantidad suficiente. Para mantener la homeostasis de los elementos en rangos que las permitan la supervivencia, las plantas han desarrollado mecanismos de regulación de la absorción de elementos traza, que comprenden mecanismos de distribución, redistribución, almacenamiento y detoxificación cruciales.

Según Jaffé (1992), el selenio es absorbido del suelo por las plantas e incorporado mayormente en las proteínas en forma de selenometionina o selenocisteína. Diferentes plantas tienen muy diferente capacidad de acumular selenio.

A nivel radicular, la planta utiliza mecanismos más o menos eficaces para modificar la solubilidad y disponibilidad de los elementos en el suelo (Marschner, 1995). Para ello, modifica las condiciones biogeoquímicas en la zona de influencia directa de la actividad de la raíz o rizosfera (Mengel y Kirkby, 2001). Un ejemplo son los exudados orgánicos, moléculas orgánicas de bajo peso molecular que son capaces de movilizar nutrientes que estén disponibles en suelos en baja cantidad, poniendo a disposición de la planta aniones (fosfatos) y cationes (Fe, Cu,...). También se sabe que las plantas pueden ser capaces de alterar el pH en la zona de la rizosfera, controlándolo gracias a la exudación de ácidos orgánicos con capacidad tampón. Otro aspecto a tener en cuenta es que prácticamente la mayoría de las plantas establecen relaciones con microorganismos (hongos y bacterias) a nivel radicular que también influyen sobre el ciclo biogeoquímico de la rizosfera.

2.2.6 Actividad biológica del selenio en los animales

Viillanueva (2011), señala que al administrar selenio en forma de selenato a los animales, éste se absorbe principalmente en el duodeno (no existe absorción por el rumen o el abomaso), entra al organismo y se reduce a selenito, uniéndose a las proteínas del plasma; así es llevado por la corriente sanguínea al hígado y al bazo, en donde es reducido por la glucosa a selenio elemental, que lo lleva a todos los tejidos excepto a los grasos y que la transferencia placentaria de selenio es alta. La pérdida ocurre por medio de los pulmones, orina y excremento, la eliminación es considerable y se ejecuta de manera relativamente rápida, a pesar de todo, cuando el consumo es alto,

tiende a acumularse y causa lesiones en los tejidos. No se adquiere tolerancia al veneno.

Acosta (2007), refiere que se ha identificado varias selenoproteínas de las cuales se consideran más importantes las del tipo glutatión peroxidasa, en la cual se encuentra en forma de selenio cisteína. Esta enzima asegura la destrucción del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) que se forma en las reacciones oxidativas respiratorias y que es tóxico. Sin tal eliminación, las células musculares, pancreáticas y hepáticas y los glóbulos rojos de la sangre serían destruidos con rapidez. Al respecto, Mateos (2018) sostiene que el selenio junto con la vitamina E funcionan como antioxidantes preventivos e inactivan peróxidos formados durante el proceso metabólico celular normal.

Villanueva (2011), también sostiene que en cantidades muy pequeñas el selenio estimula los procesos vitales, es un elemento indispensable para el funcionamiento normal del sistema inmune, músculos, corazón, hígado, riñones, páncreas, testículos, plasma, glóbulos rojos y otros órganos como la tiroides, es también muy importante para mantener la integridad de las membranas celulares. La más importante actividad biológica del selenio parece ser a través de la enzima glutatiónperoxidasa (GSH-Px), la cual en cooperación con la vitamina "E" y algunos otros agentes antioxidantes, son capaces de reducir los efectos destructivos, de las reacciones peroxidativas, sobre las células vivas, (disminuyen el proceso de envejecimiento celular). Colabora en la absorción de lípidos y tocoferoles en el tracto digestivo, a través de la lipasa pancreática. Forma parte de algunas enzimas, de los microorganismos del rumen. El selenio actúa también, por su alta actividad

química, como un removedor de los metales pesados, de la bioquímica del organismo animal, tiene efecto desintoxicante, frente al Cd, Hg, Al, As, Ag y Pb. Al respecto, Mateos (2018) y NRC (2001), coinciden en afirmar que el selenio junto con la vitamina E funcionan como antioxidantes preventivos e inactivan peróxidos formados durante el proceso metabólico celular normal.

2.2.7 Deficiencia de selenio en los animales

Villanueva (2011), afirma que el requerimiento de selenio para ganado de carne es de 0.1 ppm, para ganado lechero 0.3 ppm y para ovinos de 0.1 a 0.2 ppm. y su deficiencia en las crías de ovejas y vacas ocasiona enfermedades relacionados con el sistema inmune, crecimiento reducido, distrofia muscular, (marcha rígida y lomo arqueado en ovejas). Esta condición varía desde un crecimiento subnormal, hasta un deterioro severo con rápida pérdida de peso, que puede ocurrir a cualquier edad, los casos agudos resultan en muerte. En adultos se observa un pobre comportamiento reproductivo, el esperma de los animales tienen poca motilidad, alta mortalidad embrionaria, partos prematuros, mortinatos y alta incidencia de retenciones placentarias. El examen postmortem, muestra vetas blanquecinas en los músculos estriados, por eso se conoce como “enfermedad del músculo blanco”. Si el músculo cardíaco es afectado resulta en muerte súbita.

Mateos (2018) confirma este cuadro clínico al afirmar que su deficiencia causa estro débil, silencioso o irregular, membranas fetales retenidas, muerte embrionaria temprana, becerros débiles o mortinatos; abortos, ovarios

quísticos, mastitis y metritis en las hembras y reducida motilidad espermática en los machos. La retención de placenta disminuyó cuando fueron alimentados con 1 mg de selenio por día. Recomienda que las dietas deban contener al menos 0.1ppm de selenio en base de materia seca.

Según Acosta (2007), el selenio es un elemento que se encuentra en forma constante y esencial pero en pequeñas cantidades en los tejidos animales. Su deficiencia en el organismo da como resultado bajo crecimiento y una distrofia muscular comúnmente referida como enfermedad del músculo blanco en terneros, además de alterar la función inmune. En animales adultos se presenta como una pobre capacidad reproductiva y alto índice de retenciones de placenta y baja respuesta a las enfermedades tales como las mastitis y metritis en el hato. Los signos clínicos de la deficiencia de selenio en las diferentes especies de animales se puede observar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Enfermedades relacionadas con la deficiencia de selenio

| ENFERMEDADES | ESPECIE |
|---|----------------------------|
| Necrosis hepática | Rata, conejo, cerdo, pollo |
| Distrofia muscular | Cerdos, vacas, ovejas |
| Microangiopatía | Cerdos |
| Diatesis exudativa | Pollos, pavos |
| Fibrosis pancreática | Pollos |
| Retención placentaria | Vacas |
| Enfermedad de Keshan | Hombre |
| Cáncer y enfermedad cardiovascular | Hombre |
| Enfermedades relacionados con el sistema inmunocompetente | Todas las especies |

Fuente: Acosta (2007)

Navarro, Gil y Gil (2010), señalan que el papel fisiológico del selenio consiste en que es antioxidante como glutatión peroxidasa, regula la función tiroidea, contrarresta los metales pesados contaminantes y es un sistema de ahorro de vitamina C. Es biodisponible en sus formas orgánicas como selenocisteína, selenometionina, etc. Su excreción se realiza a través de la orina (vía principal), heces y aire expirado. Su deficiencia provoca la enfermedad de Keshan (cardiomiopatía endémica), enfermedad de Kashin-Beck (osteoartropatía endémica).

2.2.8 Toxicidad del selenio

Buhigas (2005), sostiene que el papel tóxico del selenio se caracteriza por causar intoxicaciones crónicas (selenosis) que se manifiesta con fragilidad de pelo y uñas, dermatitis alérgicas, caída de los dientes y afectación del sistema nervioso central e intoxicaciones agudas cuyos signos son: irritación de mucosas, náuseas y vómitos hemorrágicos, diarrea, aliento a ajo, edemas pulmonares e insuficiencia cardiaca congestiva. También es embriotóxico y teratogénico.

Jaffé (1992) sostiene que los niveles de selenio que pueden causar intoxicación o carencia están relativamente cerca, comparados con muchos otros compuestos y nutrientes, razón por la cual los conocimientos sobre su abundancia o falta en los alimentos es de interés especial. Sharmasarkar y otros, 2002 citado por Mauricio y otros (2006), señalan que el selenio a concentraciones de 0.5 mg/kg en suelo y 5 mg/kg en planta, es considerado

tóxico. Según NRC, 2001 referido por Ávila y Escobosa (2009), el selenio es requerido en bovinos en 0.3 ppm y puede causar toxicidad a partir de 5 ppm. Carbajal, Aquí y Díaz (2013) argumentan que el consumo de selenio a partir de 3 mg/Kg. de peso corporal, por vía oral, pueden causar cuadros de toxicidad aguda. Navarro, Gil y Gil (2010), señalan que el selenio es tóxico cuando su ingesta es mayor a 700 pg/ día (potencialmente peligroso), pérdida de pelo y cambios en la morfología de las uñas de los dedos.

Villanueva (2011), considera que el selenio es tóxico, tiene muy poco margen; el nivel máximo tolerable es 2 ppm, y el nivel tóxico alrededor de 8 ppm. Existen plantas que son acumuladoras de selenio, también en algunos lugares los suelos contienen cantidades muy considerables del mismo, las plantas lo absorben y los animales que las consumen presentan síntomas de intoxicación, especialmente los jóvenes, como adelgazamiento, anemia, atrofia y cirrosis hepática, rigidez y parálisis. En el ganado con intoxicación crónica presenta; pérdida de la vitalidad, somnolencia, enflaquecimiento, dermatitis, pelo áspero, pérdida de pelo de la crin y cola (en caballos), dolor y crecimiento alargado de los cascos, rigidez y cojera debida a erosión en la unión de los huesos grandes, desarrollo embrionario anormal, pérdida de pezuñas y cuernos, nefritis, atrofia del corazón y cirrosis hepática. En el envenenamiento agudo, los animales sufren ceguera, trastornos nerviosos y respiratorios, dolores abdominales, salivación, crujir de dientes, laxitud, ataxia y parálisis progresiva, hipertermia, pulso rápido y débil, espuma sanguinolenta en nariz y boca, diarrea obscura, disnea, neuritis espinal, y muerte la mayoría de las veces. Estos síntomas se deben

principalmente a la inhibición de algunas enzimas especialmente las deshidrogenasas.

Según Ganasal (2011), se presentan problemas de toxicidad por selenio en los animales cuando los alimentos contienen concentraciones mayores a 5 ppm y las deficiencias se presentan cuando los contenidos en el forraje son inferiores a 0.1 ppm.

2.2.9 Plantas del género *Astragalus*

Salgado (2006), refiere que según Podlech (1986) se estima que el género *Astragalus* está conformado por 2 500 a 3 000 especies que se distribuyen en las regiones frías y áridas de casi todo el mundo a excepción de Australia y Nueva Zelanda. También menciona que según Wojciechowski (1999) en Sudamérica hay alrededor de 100 especies.

Gomez-Soza (1979, 2010), menciona que en Sudamérica el género *Astragalus*, está representado en la zona andina del Ecuador, Perú, Chile, Bolivia y Argentina por 110 especies endémicas y una sola especie *A. distinens* Macloskie en Uruguay. En el Perú crecen 27 especies válidas de *Astragalus*, de las cuales 17 especies son endémicas. También hace un reporte del hallazgo de una nueva especie de *Astragalus* en el departamento de Cajamarca, Perú denominado *Astragalus cajamarcanus*.

Espinoza y otros (1989), en un estudio realizado en la Sierra Central del Perú en la SAIS Túpac Amaru, encontraron que la tasa anual de mortalidad sobre el total de animales, por consumo de especies del género

Astragalus (garbancillo), fue de 0.08 por ciento y por fotosensibilización (Jacapo) de 0.18 por ciento. En la sierra sur, de 80 encuestas a campesinos el 25 por ciento señalan casos de intoxicación por consumo de Garbancillo, dicen que los ovinos son más susceptibles que las alpacas.

Parra y otros (2004), estudiando la composición florística y vegetación de una micro cuenca andina: Pachachaca (Huancavelica), hace mención del hallazgo de 3 especies de *Astragalus*, de las cuales el *A. garbancillo* es la más difundida y se presenta por encima de los 3 700 m.s.n.m. En este espacio ecológico las especies dominantes son *Stipa ichu*, seguido de *Festuca weberbaueri* y *Astragalus garbancillo*.

Gómez-Soza (1979), describe a las plantas del género *Astragalus* como: hierbas erectas, tallos de 0.70 m altura; legumbre suavemente incurva, base truncada, subbilocular por sutura dorsal invaginada seguida por un falso semi tabique membranoso que divide el lóculo en forma parcial. Quilla obtusa o quilla apiculada.

Baldeón, Flores y Roque (2006), reportan la existencia de especies de *Astragalus* en el Perú, tales como: *Astragalus bryogenes* Barneby, en Junin, a 4000—4500 m.; *Astragalus cracca*, en Ancash, Lima y La Libertad, a 2700—3300 m.; *Astragalus dillinghamii* J.F. Macbr, en Junín, a 3900—4000 m.; *Astragalus dombeyi* Fisch, en Junín y Lima, a 3000 m.; *Astragalus garbancillo*, en la sierra alto andina del norte, centro y sur, por encima de los 3800 m.; *Astragalus neobarnebyanus* Gómez-Sosa, en Arequipa, a 230—600 m.; *Astragalus pickeringii* A. Gray, en Ancash, Huánuco, Junín, Lima y Pasco, a 3750—4370 m.; *Astragalus romasanus* Ulbr, en Ancash y Puno, a

2200—3500 m.; *Astragalus sagasteguii* Gómez-Sosa, en Pasco, a 3800 m.;
Astragalus uniflorus, en Sierra Central y Sur del país, por encima de los 3500
m. y *Astragalus cajamarcanus*, en Cajamarca, a 3750 m.

2.3. Definición de términos

Selenio: Elemento químico que se encuentra en forma constante pero en pequeñas cantidades en los tejidos animales y es uno de los micronutrientes esenciales para los animales (Acosta, 2007).

Toxicidad: Es la capacidad de una sustancia de causar efectos adversos sobre un ser vivo, usada para medir el grado tóxico o venenoso de algunos elementos (RAE, 2014).

Marcha fitoquímica: Método mediante el cual se determina qué tipos de metabolitos están presentes en el extracto seco de la planta, utilizándose varios reactivos, cuyas reacciones como precipitados, cambios de color, etc. nos indican la presencia de flavonoides, taninos, compuestos fenólicos, alcaloides, etc.(Duran, 2011).

Extracto: Porción de muestra seca vegetal que se macera en un solvente por un determinado tiempo para posteriormente recuperar el solvente y obtener los componentes solubles (Duran, 2011).

ICP: Técnica instrumental mediante la cual se cuantifica los elementos químicos (Ribon, 2016).

Astragalus sp.: Leguminosa silvestre que prospera en zonas degradadas y que es indicadora de la presencia, en suelo, de metales pesados y otros metaloides (Gomez-Soza, 2010).

Partes por millón = ppm = miligramos por kilo de alimento = gramos por tonelada (Químicas.net, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación es DESCRIPTIVA, busca obtener información sobre el contenido de selenio en los suelos y en plantas de garbancillo, así como sus efectos tóxicos en animales de cría.

El diseño de investigación seleccionado es no experimental cuantitativo, porque no se va a manipular variables independientes o dependientes, ya que se pretende recolectar datos en un único momento; es decir, se quiere conocer el estado actual del objeto de estudio, determinar su presencia en suelos y plantas; así como su grado de toxicidad en animales.

3.2 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.2.1 Población.

Suelos: El total de suelos de la zona alto andina del departamento de Ancash.

Astragalus sp o garbancillo: Las plantas de este género existentes en el departamento de Ancash.

3.2.2 Muestra

El muestreo de suelos y plantas de garbancillo se realizó en los siguientes lugares: Callan Punta, distrito y provincia de Huaraz (9°32'44.51" S - 77°37'13.96" O; Huaca Corral, distrito de

Chiquian provincia de Bolognesi ($10^{\circ}09'41.31''$ S - $77^{\circ}09'56.28''$ O); Conococha, distrito de Pampas Chico provincia de Recuay ($10^{\circ}05'40.56''$ S - $77^{\circ}18'09.94''$ O); Juprog, distrito de San Marcos provincia de Huari ($9^{\circ}34'17.211''$ S - $77^{\circ}04'23.25''$ O); Palo Seco distrito y provincia de Pomabamba ($8^{\circ}47'56.81''$ S - $77^{\circ}31'12.11''$ O); Cahuacona, distrito de Cashacancha provincia de Sihuas ($8^{\circ}34'50.67''$ S - $77^{\circ}41'39.72''$ O) y Punta Olímpica, distrito de Shilla provincia de Carhuaz ($9^{\circ}07'50.37''$ S - $77^{\circ}31'10.12''$ O).



Figura 1. Puntos de muestreo de plantas de garbancillo y suelos

3.3 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.3.1 EQUIPOS

GPS marca GARMIN

Estufa de marca Memmert.

Balanza analítica de marca Ohaus.

Extractor soxhlet de 250 ml de capacidad

Cromatógrafo de gases, Hewlett Packard, 5890 serie II.

Equipo autosystem PE, columna capilar DB-225(30m x 0,32mm x 0,25 μ m), programación de temperatura de la columna 1'/70°/10°/min/180°/3°/min/220°/5', temperatura de inyección y detección 250°, detector FID, gas de arrastre Helio, flujo 1 ml/min., volumen inyectado 1 μ L, Split 1:100.

Equipo de espectroscopia de emisión por plasma inductivamente acoplado, ICP/PRE-130

Equipo de espectroscopía de absorción atómica por generación de hidruros, Perkin-Elmer 3110.

3.3.2 MATERIALES

Suelos

Plantas de *Astragalus sp.*

Reactivos químicos

Animales: vacunos, ovinos y equinos

3.3.3 LUGARES DE TRABAJO

Las muestras de suelos y plantas de Garbancillo fueron recolectados en los lugares mencionados en el acápite 3.2.

La determinación de humedad, cenizas y grasa, se realizó en el Laboratorio de Investigación Química de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), los análisis fitoquímicos en el Laboratorio de la Universidad Arzobispo Loayza (UAL), los análisis de ácidos grasos y esteroides en el laboratorio de Química de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), el análisis de metales y selenio en el laboratorio del Instituto de Corrosión de la PUCP y específicamente selenio en el Laboratorio Certificaciones del Perú S.A. en la ciudad de Lima.

La identificación taxonómica fue realizada en el Herbario San Marcos del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por la Dra. Haydee Montoya T. y el Mag. Asunción Cano Echevarría.

3.4 PROCEDIMIENTO

3.4.1 PREPARACIÓN DE MUESTRAS

La totalidad de las muestras recolectadas fueron limpiadas de restos de tierra, pajas y otros materiales contaminantes, para

luego ser sometidas al secado a la sombra, por espacio de 5 días, logrando una humedad aproximada de 25 %.

Las muestras secas fueron embaladas para su envío al Laboratorio de Química de PUCP y al Laboratorio CERPER.

En el Laboratorio, se procedió a secar la muestra en una estufa a 45°C, este proceso se realizó en 3 días para cada muestra, terminándose toda la preparación de muestras en un total de 2 semanas.

La muestra se procedió a seleccionar de tal modo que quede como el animal lo consume; es decir, las ramitas pequeñas y todas las hojas, dejando a un lado las ramas gruesas. Esta muestra seleccionada se procedió a moler con un molino manual, hasta obtener la muestra molida de malla 20.

Para la determinación de metales y selenio, la muestra fue preparada basada en el método de EPA 200.7-rev. 4.4-1994, para ello se usó 267 gramos de planta seca y molida (humedad 11,5%). Exclusivamente para la determinación de selenio CERPER S.A. utilizó el método ICP-MS: selenio: EPA 6220^a inductively coupled plasma-mass spectrometry (por inducción de plasma-espectrometría de masas).

La porción de suelo extraída correspondió a los primeros 0.5 m., relacionado con la profundidad de desarrollo radicular de la planta, con un peso de muestra de 1 Kg. y se hizo la

determinación de selenio por el método ICP-MS: selenio: EPA 6220A inductively coupled plasma-mass spectrometry.

La época de toma de muestra correspondió a los meses de enero a mayo, debido a que se encuentran plantas con buen desarrollo.

La observación clínica de los animales afectados por la intoxicación con garbancillo se realizó en las zonas geográficas de Conococha (Recuay), Callan Punta (Huaraz) y Juprog (Huari). Además, en los mismos lugares se recogió el testimonio de ganaderos afectados por la mortalidad de sus animales.

3.4.2 TÉCNICAS DE ANÁLISIS

La determinación de los parámetros considerados en el presente estudio, fueron realizadas siguiendo los métodos y/o técnicas detalladas en el cuadro 2.

- El análisis fitoquímico se basó en la metodología propuesta por Lock de Ugaz (1994), basada en reacciones específicas para los compuestos químicos.
- Para la determinación de ácidos grasos y esteroides se utilizó la cromatografía de gases. Método de la AOAC. 1990.
- Los metales se analizaron por espectroscopia de emisión por plasma inductivamente acoplado. Método basado en EPA-200.7-rev. 4.4-1994

- El selenio se analizó por el método de espectroscopia de absorción atómica por generación de hidruros. Método basado SM (Standard Methods for Examination of Water&Wastewater-2005) M 3114 B y C. y el método ICP-MS: selenio: EPA 6220A inductively coupled plasma-mass spectrometry.

Cuadro 2. Métodos de determinación de parámetros químicos y toxicológicos

| Parámetro | Métodos/Técnicas | Unidades |
|--|---|----------|
| 1. Análisis fitoquímico: | | |
| Taninos y fenoles | FeCl ₃ | +/- |
| Alcaloides | Dragendorff | +/- |
| Esteroides | Lieberman | +/- |
| Triterpenos | Bouchard | +/- |
| Flavonoides | Shinoda | +/- |
| Quinonas | Bomtrager | +/- |
| Catequinas | Rosenheim | +/- |
| 2. Análisis de metales | | |
| K, Ca, Mg, Fe, Al, Mn, Sr, Na, B, Zn, Cu, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Sn, Mo, Ni, Ag, Pb, Tl, Ti y V | ICP/PRE-130 | mg/Kg |
| 3. Análisis de Selenio | AA por generación de hidruros. ICP-MS: selenio: EPA 6220A inductively coupled plasma-mass spectrometry. | mg/Kg |
| 4. Análisis de ácidos grasos | | |
| Acido esteárico(18:0) | Cromatografía gaseosa | (%) |
| Ácido cis-oleico(18:1) | Cromatografía gaseosa | (%) |
| Ácido linoleico(18:2) | Cromatografía gaseosa | (%) |
| Acido palmítico(16:0) | Cromatografía gaseosa | (%) |
| 5. Análisis de esteroides | | |
| Brassicasterol | Cromatografía gaseosa | (%) |
| β-sitosterol | Cromatografía gaseosa | (%) |
| Stigmasterol | Cromatografía gaseosa | (%) |

Fuente: Elaborado para el presente estudio.

3.5 INSTRUMENTOS DE RECOPIACIÓN DE DATOS

Fuentes primarias: observación de campo, testimonios de ganaderos, entrevistas a especialistas, experimentación en el laboratorio donde se emplearon métodos normalizados de análisis.

Fuentes secundarias: análisis documental, textos, revistas e internet.

Instrumentos: reporte de resultados, análisis de contenido, fichas textuales de resumen.

3.6 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos de los análisis de laboratorio, fueron sistematizados en tablas estadísticas por medios computarizados, precisando la presencia de selenio, para luego emplear la estadística inferencial, haciendo uso de cuadros y análisis de medidas de tendencia central y dispersión.

IV. RESULTADOS

4.1 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Naturalista (2010), la taxonomía del garbancillo responde a:

| | |
|-------------------|---------------------|
| Reino | : Plantae |
| Filo reino | : Tracheophyta |
| Sub filo | : Angiospermae |
| Clase | : Magnoliopsida |
| Orden | : Fabales |
| Familia | : Fabaceae |
| Subfamilia | : Faboideae |
| Tribu | : Galegeae |
| Género | : <i>Astragalus</i> |
| Especies | : |

Como resultado del presente estudio, en el departamento de Ancash se ha identificado dos especies del género *Astragalus*: *Astragalus garbancillo* Cav y *Astragalus brackenridgel* A. Gray.

Según las evaluaciones realizadas en los puntos de muestreo, se ha observado que la población de *Astragalus garbancillo* Cav. (Figuras 2 y 3) representa aproximadamente el 85 % y *Astragalus brackenridgel* A. Gray (Figuras 4 y 5) el 15 %. En el departamento de Ancash, a las plantas de este género se les denomina con los siguientes nombres comunes: garbancillo, garbanzo, macha macha, huma muyu y tembladera.



Figura 2: *Astragalus garbancillo* Cav., encontrado en Conococha.



Figura 3: *Astragalus garbancillo* Cav., encontrado en Callan Punta.



Figura 4: *Astragalus brackenridgel* A. Gray, encontrado en Juprog.



Figura 5: *Astragalus brackenridgel* A. Gray, encontrado en Juprog.

Descripción

Estas hierbas son perennes y se caracterizan por tener tallos erectos o decumbentes, de 30 a 70 cm de vigor (altura de planta) en *A. garbancillo* y de 10 a 15 cm en *A. brackenridgel*, sus hojas son pubescentes, con flores blancas con una tonalidad azul lila en la parte basal de los pétalos en *A. garbancillo* y de color lila y muy pequeñas en *A. brackenridgel*, semejantes a las de la arveja; en ambas especies las hojas se presentan en forma opuesta unas con otras, a lo largo del tallo, con una sola hoja en la punta de éste. Las vainas en general se observan infladas, conteniendo semillas arriñonadas.

Tienen raíz pivotante con escasa ramificaciones que en el caso de *A. garbancillo* puede alcanzar una longitud de 1.2 m. y en *A. brackenridgel* hasta 0.30 m. En algunas muestras se observó abundante nodulación radicular (*Rhizobium*), en otras poca o ausencia total. Se supone que depende de la disponibilidad en suelo.

Cada año al presentarse las primeras lluvias brotan nuevas plantas por germinación de semillas que cayeron de plantas maduras el año anterior y otro grupo de plantas rebrotan de la corona de la raíz o de los tallos de las plantas antiguas. La mayor parte de las especies brotan a principios de diciembre, por lo general antes que los pastos nativos, floreciendo en febrero y marzo. Se desarrollan mejor en suelos movidos.

Es melífera, pues hay presencia abundante de abejas domésticas, abejorros y otros moscones, succionando el néctar de las flores.

El *A. garbancillo* prospera entre los 3 600 y 4 500 m.s.n.m. y *A. brackenridgel* por encima de los 3 900 m.s.n.m.

4.2 ANALISIS FITOQUÍMICO

La marcha fitoquímica se realizó con dos repeticiones, para confirmar los compuestos. Las tres cruces representan un alto contenido, las dos cruces un contenido medio y una cruz un bajo contenido. Los resultados de los elementos químicos encontrados se reportan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados del análisis fitoquímico

| COMPUESTO ENCONTRADO | NIVEL DE PRESENCIA |
|----------------------|--------------------|
| Taninos y fenoles | +++ |
| Quinonas | + |
| Flavonoides | ++ |
| Catequinas | + |
| Alcaloides | +++ |
| Esteroides | +++ |
| Triterpenos | +++ |

Fuente: Elaborado para el presente estudio.

4.3 ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS

Se realizó el análisis de ácidos grasos en dos etapas y con dos repeticiones, de acuerdo al método de cromatografía gaseosa, encontrando los resultados que se reportan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados del análisis de ácidos grasos

| ÁCIDOS GRASOS | % RELATIVO |
|-------------------------|-------------------|
| Acido esteárico (18:0) | 10,6 |
| Acido cis-oleico (18:1) | 6,7 |
| Acido linoleico (18:2) | 5,8 |
| Acido palmítico (16:0) | 3,2 |

Fuente: Elaborado para el presente estudio.

4.4 ANÁLISIS DE ESTEROLES

Los diferentes esteroides encontrados en la planta de garbancillo, así como sus respectivos valores, se reportan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Resultado del análisis de esteroides

| ESTEROLES | % RELATIVO |
|---------------------|-------------------|
| Brassicasterol | 44,03 |
| β -sitosterol | 22,30 |
| Stigmasterol | 13,10 |

Fuente: Elaborado para el presente estudio.

4.5 ANÁLISIS DE SELENIO Y OTROS METALES

El selenio y otros metales contenidos en las plantas de garbancillo, según los análisis realizados en laboratorio del Instituto de Corrosión de la PUCP se muestran en el cuadro 6.

El selenio contenido en plantas de Garbancillo y en suelos donde prospera esta planta, cuyas determinaciones se realizaron en los laboratorios de CERPER, se reportan en los cuadros 7 y 8, respectivamente.

Cuadro 6. Contenido de metales y selenio en plantas (Lab. PUCP)

| Elemento Químico | Cantidad en mg/Kg | Elemento Químico | Cantidad en mg/Kg |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Potasio | 14982,0 | Cadmio | 0,1 |
| Calcio | 9654,0 | Cobalto | 0,3 |
| Magnesio | 2070,0 | Cromo | 2,2 |
| Hierro | 371,1 | Estaño | 0,6 |
| Aluminio | 249,0 | Molibdeno | 0,3 |
| Manganeso | 68,7 | Niquel | 0,7 |
| Estroncio | 48,1 | Plata | 0,5 |
| Sodio | 47,4 | Plomo | 0,6 |
| Boro | 23,0 | Selenio | 2,2 |
| Zinc | 22,6 | Talio | 0,5 |
| Cobre | 6,3 | Titanio | 3,9 |
| Bario | 3,6 | Vanadio | 0,6 |
| Berilio | 0,1 | | |

Fuente: Elaborado para el presente estudio.

Cuadro 7. Contenido de selenio en plantas (Lab. CERPER)

| Código de muestra | Lugar | Coordenadas | Cantidad mg/Kg |
|--------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|
| CP-03 | Callan Punta | 9°32'44.51" S 77°37'13.96" O | 0.909 |
| HC-01 | Huaca Corral | 10°09'41.31" S 77°09'56.28" O | 2.031 |
| C0-02 | Conococha | 10°05'40.56" S 77°18'09.94" O | 0.616 |
| JU-01 | Juprog | 9°34'17.211" S 77°04'23.25" O | 1.145 |
| PS-01 | Palo Seco | 8°47'56.81" S 77°31'12.11" O | 0.986 |
| CA-01 | Cahuacona | 8°34'50.67" S 77°41'39.72" O | 1.035 |
| PO-02 | Punta Olímpica | 9°07'50.37" S 77°31'10.12" O | 1.162 |
| PROMEDIO | | | 1.126 |

Fuente: Elaborado para el presente estudio.

Cuadro 8. Contenido de selenio en suelos (Lab. CERPER)

| Código de muestra | Lugar | Coordenadas | Cantidad mg/Kg |
|--------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------|
| CP-01 | Callan Punta | 9°32'44.51" S 77°37'13.96" O | < 0.050 |
| HC-04 | Huaca Corral | 10°09'41.31" S 77°09'56.28" O | 0.023 |
| C0-02 | Conococha | 10°05'40.56" S 77°18'09.94" O | < 0.050 |
| JU-02 | Juprog | 9°34'17.211" S 77°04'23.25" O | < 0.050 |
| PS-02 | Palo Seco | 8°47'56.81" S 77°31'12.11" O | < 0.050 |
| CA-02 | Cahuacona | 8°34'50.67" S 77°41'39.72" O | < 0.050 |
| PO-02 | Punta Olímpica | 9°07'50.37" S 77°31'10.12" O | < 0.050 |

Fuente: Elaborado para el presente estudio.

4.6 EVALUACIÓN CLÍNICA DE ANIMALES AFECTADOS

Todos los herbívoros domésticos son susceptibles de intoxicarse al consumir plantas de garbancillo, pero las observaciones realizadas en campo y los testimonios de los ganaderos sindicaron a los equinos, ovinos y vacunos (en ese orden de susceptibilidad) como los más afectados. Los animales normalmente no consumen esta planta, mientras en los campos de pastoreo haya plantas forrajeras, pero en las épocas de estiaje (mayo a octubre) cuando los pastos se secan y escasea alimento para el ganado, el garbancillo posiblemente por su larga raíz pivotante se mantiene de color verde, incitando a ser consumido.

Los animales que inician su consumo se tornan adictos y tienden a buscar esta planta de manera persistente; los primeros signos del envenenamiento se observan después de tres a cuatro semanas, durante las cuales los animales habrán consumido grandes cantidades de esta hierba. Sin embargo, ocasionalmente, la intoxicación se puede presentar inmediatamente después de iniciado su consumo. Los ganaderos sostienen que el *A. brackenridgel* es mucho más tóxica que el *A. garbancillo*.

Los primeros signos clínicos observados fueron: dificultad en el caminar, nerviosismo y la desconexión con el medio. Los animales afectados se retrasan y tienen pasos tambaleantes durante el arreo del rebaño.

Cuando el consumo de garbancillo va creciendo los síntomas se agudizan, los animales se caen, se chocan con piedras o cercos, se muestran muy agitados por incremento de la frecuencia cardiaca y tienen las pupilas dilatadas y aparentemente no ven. En etapas más avanzadas se observa parálisis del tren posterior, secreción espumosa por la boca, rechinan los dientes y caen con más frecuencia sin poder levantarse. Alrededor de los dos meses de iniciado el consumo de garbancillo ocurre la muerte del animal.

Al realizar la necropsia de los animales, se encontró en el rumen plantas de garbancillo, a la observación clínica de los diferentes órganos (corazón, pulmones, hígado, riñones, estómago e intestinos) no son notorios cambios histopatológicos degenerativos.

No existe un producto veterinario que sirva para el tratamiento de animales intoxicados con Garbancillo, solo se recomienda impedirles el consumo.

V DISCUSIÓN

5.1 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

La especie de Garbancillo más abundante en el departamento de Ancash corresponde a *Astragalus garbancillo* Cav.; siendo ésta la que causa la mayor cantidad de morbi mortalidad de animales; por lo tanto ha sido materia del presente trabajo de investigación. Sin embargo, cabe indicar que se ha encontrado otra especie de Garbancillo *Astragalus brackenridgel* A. Gray, que está presente en menor cantidad, que para el presente trabajo no se ha tomado en cuenta.

5.2 ANALISIS FITOQUÍMICO

Del cuadro 3 se desprende que, los compuestos que se encuentran en mayor cantidad (+++) en el *Astragalus garbancillo* son los taninos, fenoles, alcaloides, esteroides y triterpenos; en cantidad media (++) los flavonoides y en menor cuantía (+) las quinonas y catequinas.

De éstos metabolitos presentes en plantas de Garbancillo, interesa resaltar los alcaloides (+++), debido a que son las sustancias responsables de generar adicción en los animales. Según, Aguadé y Chávez (1985), estos son compuestos complejos, que contienen nitrógeno y que en la presencia de ácidos forman sales solubles, fácilmente absorbibles. En la mayor parte de los casos, estos compuestos producen una reacción fisiológica muy fuerte en los animales, principalmente a través del sistema nervioso, aunque

ocasionalmente se produzcan daños en el hígado, los cuales se presentan en forma crónica, la locaina es el componente tóxico en el garbancillo.

Esto explica que el ganado que ingiere por primera vez esta planta, persiste insistentemente en su consumo, agravando su intoxicación por otros elementos presentes, entre los que destaca el selenio.

5.3 ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS

En el cuadro 4 se puede observar los cuatro ácidos grasos mayoritarios que contiene el garbancillo. Los ácidos esteárico (10,6 %) y palmítico (3,2 %) son saturados, mientras que el cis-oleico (6,7 %) y el linoleico (5,8 %) son insaturados, siendo beneficiosos para la salud de los animales porque disminuye el riesgo de enfermedades cardíacas coronarias. Ambos grupos de ácidos grasos participan en la formación de tejidos y leche en los animales

No se ha encontrado ningún ácido graso del tipo omega 3 u omega 6.

5.4 ANÁLISIS DE ESTEROLES

El garbancillo tiene una buena cantidad de brassicasterol y β -sitosterol, estos son frecuentes en la dieta alimentaria pero en pequeñas cantidades. Según Espinoza y otros (1989), el brassicasterol es un marcador para la adulteración del aceite de soya y aceite de

girasol. El β -sitosterol en la medicina se utiliza para el tratamiento de la hiperplasia prostática benigna (BPH) y fortalece el sistema inmune.

Los valores de esteroides encontrados aparentemente no generan efecto nocivo en los animales; por lo contrario ayuda a mejorar la eficiencia reproductiva y tienen propiedades antioxidantes, su consumo fortalece el sistema inmune.

5.5 ANÁLISIS DE SELENIO Y OTROS METALES

De este análisis se resalta el alto contenido de potasio (15 g/kg), seguido del calcio (9,6 g/kg), magnesio (2 g/kg), hierro (0,4 g/kg) y aluminio (0,25 g/kg), y los demás metales tienen valores entre 0,1 a 69 mg/kg.

Se puede afirmar que, esta planta es una buena fuente de potasio, calcio y magnesio para la nutrición de los animales, pero el hecho que se encuentran también otros elementos tóxicos, no permite recomendar su consumo masivo. La posibilidad de su aislamiento, podría ser de mucha utilidad para la producción animal.

Los análisis realizados en el Laboratorio de Química del Instituto de Corrosión de la PUCP, reportan un contenido de selenio encontrado en la planta de 2,2 mg/kg. Por otro lado, el laboratorio CERPER reporta valores de selenio que van de 0,616 a 2,031 mg/kg de planta seca de Garbancillo, con un promedio de 1,126 mg/kg de las siete zonas de muestreo. Esta cantidad de selenio es alta para la nutrición

del ganado si se tiene en cuenta la acumulación de este elemento en el organismo del animal, por un consumo persistente.

Según opinión de los autores referidos en el presente estudio, en promedio el contenido máximo permisible de selenio en una planta forrajera es de 0,2 mg/kg. Generalmente, se acepta que un contenido entre 0.1 a 0.3 mg Se/kg en especies vegetales de consumo animal es el adecuado para la mayoría de los animales (Mayland, 1994, citado por Moreno, 1998).

Por otro lado, Ganasal (2011), sostiene que se presentan problemas de toxicidad por selenio en los animales, cuando el consumo diario es mayor a 5 ppm y las deficiencias se presentan cuando es inferior a 0.1 ppm., corrobora esta posición Sharmasarkar et al. (2002) citado por Mauricio y otros (2006), cuando señalan que el selenio a concentraciones de 0.5 mg/kg en suelo y 5 mg/kg en planta, es considerado tóxico. Según NRC (2001) referido por Ávila y Escobosa (2009), el selenio es requerido en bovinos en 0.3 ppm y puede causar toxicidad a partir de 5 ppm. Carbajal, Aquí y Díaz (2013) argumentan que el consumo de selenio a partir de 3 mg/Kg. de peso corporal, por vía oral, pueden causar cuadros de toxicidad aguda.

Los valores de selenio encontrados en las muestras de suelos donde prospera el garbancillo son menores a 0.050 mg/kg. y en concordancia con Brack (1999), que sostiene que el garbancillo es una planta acumuladora de selenio que extrae del suelo donde prospera, se puede inferir que los bajos valores de selenio encontrado en los suelos de

Ancash, son bioacumulados en el tiempo por las plantas de garbancillo.

Al respecto, Dunin (2007) refiere que en la mayoría de suelos, el selenio se encuentra en una muy baja concentración y a menudo su contenido es menor de $0,2 \mu\text{g}$ de suelo. Concluye sosteniendo: entre el contenido de selenio en el suelo y en la planta se ha encontrado una relación inversa.

Según observaciones hechas en campo, el consumo de garbancillo por un ovino es aproximadamente 2.5 kg/día , por un vacuno 10 kg/día y por un equino 12 kg/día . Por lo tanto, teniendo en cuenta que la cantidad de selenio encontrado en las muestras analizadas es $1,7 \text{ mg/kg}$ (promedio de los resultados emitidos por los laboratorios PUCP y CERPER), los ovinos, vacunos y equinos, estarían consumiendo $4,3 \text{ mg/día}$, $17,0 \text{ mg/día}$ y $20,4 \text{ mg/día}$, respectivamente; siendo estos valores nocivos para la salud de los animales, más aun si este elemento químico tiene efecto acumulativo en el organismo del animal.

Según NRC (2001), el consumo máximo recomendable es de 6 mg/vaca/día . Si bien es cierto, que el selenio es necesario en cantidades pequeñas en la alimentación de los animales, porque es antioxidante y participa en los procesos reproductivos haciéndolos más eficientes, en cantidades altas es tóxico más si este elemento es acumulable, llevando hasta la muerte a los animales que caen en esta adicción.

5.6 EVALUACIÓN CLÍNICA DE ANIMALES AFECTADOS

La sintomatología que presentan los animales que consumen garbancillo, ha sido descrita con bastante claridad en el acápite 4.6. En esta parte, en base a las referencias bibliográficas revisadas se realiza un análisis de las lesiones histopatológicas que generan las sustancias contenidas en el garbancillo, especialmente alcaloides y selenio, en el organismo animal. Entonces, el alto nivel de alcaloides es responsable de generar la fuerte adicción en los animales que consumen Garbancillo. El selenio es el que genera las lesiones histopatológicas degenerativas que lo lleva hasta la muerte.

Según Aguadé y Chávez (1985), el consumo de plantas que contienen niveles tóxicos de selenio puede producir envenenamientos agudos o crónicos. Los primeros son poco frecuentes, caracterizándose por: falta de apetito, dificultad respiratoria, sed intensa, depresión y colapso en 24 a 72 horas, la muerte se produce por falla respiratoria y/o cardíaca, a la necropsia, se observa inflamación severa en intestinos, congestión y/o hemorragias en pulmones y órganos abdominales, así como degeneración en hígado y riñones. La intoxicación crónica puede presentar: a) ceguera e incoordinación; se caracterizan por animales que presentan ceguera, chocando con objetos y puertas de forma incoordinada, la muerte puede presentarse después de una debilidad progresiva debido a una falla respiratoria y b) “enfermedad alcalina”; caracterizada por animales tristes, que

pierden peso en forma progresiva y que además presentan cojeras, debido a lesiones en las pezuñas (laminitis), que pueden ir desde surcos y deformaciones en las pezuñas, hasta separación y pérdida del casco.

Los hallazgos de Robles y otros (2000), sobre intoxicación de ovinos por Garbancillo son los siguientes: severa vacuolación en las células de Purkinje del cerebelo y las lesiones fundamentalmente halladas en todo el SNC, podría ser utilizado como patognomónico de esta intoxicación. No se observan cambios degenerativos o vacuolización significativa en pulmón, ganglios linfáticos, glándulas suprarrenales, bazo, músculos y útero

VI CONCLUSIONES

En el departamento de Ancash se ha encontrado dos especies de Garbancillo: *Astragalus garbancillo* Cav, y *Astragalus brackenridgel* A. Gray. La primera especie se encuentra en mayor cantidad (85%) y es la que causa la mayor incidencia de morbi mortalidad del ganado.

Las sustancias contenidas en plantas de Garbancillo son: taninos y fenoles (+++), alcaloides (+++), esteroides (+++), triterpenos (+++), flavonoides (++) , quinonas (+) y catequinas (+). Los alcaloides son responsables de generar adicción en el ganado. Por otro lado, se ha encontrado ácidos grasos saturados: esteárico (10,6 %) y palmítico (3,2 %) e insaturados: cis-oleico (6,7 %) y el linoleico 5,8 %). Ambos grupos participan en la formación de tejidos en los animales. Finalmente, contiene potasio (15 g/kg), calcio (9,6 g/kg), magnesio (2 g/kg), hierro (0,4 g/kg) y aluminio (0,25 g/kg), siendo una buena fuente de estos elementos para la nutrición de los animales.

El valor promedio de presencia de selenio en plantas de Garbancillo es 1,7 mg/kg, por lo que los ovinos estarían consumiendo 4,3 mg/día, los vacunos 17,0 mg/día y los equinos y 20,4 mg/día, lo cual indica que superan los niveles permisibles, convirtiéndose en niveles tóxicos para el ganado y es la causa de su morbi mortalidad.

La presencia de selenio en los suelos del departamento de Ancash son muy bajos (menores a 0,050 mg/kg), por lo que se infiere que el Garbancillo es una planta bioacumuladora por excelencia.

Los signos característicos de la intoxicación con Garbancillo se presentan a las dos semanas de iniciado su consumo y se manifiestan con: dificultad en el caminar, nerviosismo y la desconexión con el medio, se caen, se chocan con piedras o cercos, están muy agitados y aparentemente no ven. En etapas más avanzadas se observa parálisis del tren posterior, secreción espumosa por la boca y caen con más frecuencia sin poder levantarse. Alrededor de los dos meses de iniciado el consumo ocurre la muerte del animal. La patología degenerativa se manifiesta con la vacuolización del cerebelo y todo el sistema nervioso central.

VII RECOMENDACIONES

Analizar los valores de selenio en las dos especies de garbancillo que prosperan en Ancash, así como en los diferentes órganos de la planta (flores, tallos, hojas y raíces), en las diferentes edades de la planta y la estación del año.

Realizar estudios para aislar el selenio contenido en plantas de garbancillo, para ser usado en dosis recomendadas para la nutrición animal y humana, pues se sabe que es un elemento esencial.

Evaluar métodos de erradicación de plantas de garbancillo de las praderas alto andinas, para evitar el consumo por parte de los animales.

Sensibilizar a los ganaderos que usan las praderas naturales alto andinas para que eviten el sobrepastoreo, lo cual es el origen de la invasión de especies no forrajeras como el garbancillo.

Difundir prácticas racionales de manejo de las praderas naturales, mediante: carga animal acorde con la soportabilidad de la pradera, siembra de árboles nativos para sombra y retención de agua, pastoreo rotativo (épocas de descanso y utilización), evitar la quema, realizar resiembras con especies nativas, abonamiento con guano de majadas, entre otras.

VIII BIBLIOGRAFÍA

ABAM S. MICHELOUD JF. CHOLICH L. Y GIMENO EJ. (2016). *Experimental poisoning by Astragalus garbancillo (variety: garbancillo) in Guinea pigs*. X Reunión Argentina de Patología Veterinaria. Esperanza, Argentina.

ACOSTA LEONARDO. (2007). *El Selenio*. Laboratorios Santa Elena, Uruguay.

AVENDAÑO REYES SERGIO y FLORES GUDIÑO JOSÉ SALVADOR. (1999). *Registro de plantas tóxicas para ganado en el estado de Veracruz, México*. Veterinaria México, vol. 30, núm. 1, pp. 79-94 Universidad Nacional Autónoma de México.

AVILA TELLEZ SALVADOR y ESCOBOSA LAVEAGA ADRIAN. (2009). *Producción de leche con ganado bovino, Capítulo 9: Alimentación*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

BALDEÓN SEVERO. FLORES MERCEDES y ROQUE JOSÉ. (2006). *Fabaceae endémicas del Perú*. Rev. Perú. biol. Número especial 13(2): 302s - 337s. El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Ed.: Blanca León et al. © Facultad de Ciencias Biológicas UNMSM. Lima, Perú

BRACK EGG ANTONIO. (1999). *“Diccionario Enciclopédico de plantas útiles del Perú”*, Ed. CBC. Cusco, Perú.

BUHIGAS GARCÍA I. 2005. *Selenio: en busca de la piedra filosofal*. IV Jornada de Formación Interhospitalaria del Laboratorio Clínico. Hospital Universitario de Getafe. Madrid, España.

CARBAJAL HERMOSILLO M. AQUÍ QUINTERO G. Y DÍAZ GUTIERREZ C. (2013). *Uso de selenio en ovinos*. Tesis de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Publicado en *Abanico Veterinario* 3(1). México.

CRISTINA INÉS. (2015). *Caracterización botánica y etnobotánica de las plantas empleadas como adaptógenos en algunas áreas urbanas de argentina*. Tesis para optar el Grado de Doctor en Ciencias Naturales. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.

DUNIN BORKOWSKI ANA SABOGAL. (2007). *Estado actual de la investigación sobre Ipomoea carnea: toxicidad en ganado caprino*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Publicado en: *Revista de Química* enero-diciembre 2007. Lima, Perú.

DURAN ASTRID (2011). *Definiciones y conceptos de fitoquímica*. En: <https://es.scribd.com/doc/65662024/Definiciones-y-Conceptos-de-Fitoquimica-2011>. Accesado el 15.03.2015.

ESPINOZA J. SAN MARTÍN F. HOLGADO D. SUÁREZ F. (1989). *Intoxicación por plantas venenosas que afectan a la ganadería peruana*. Investigaciones sobre Pastos y Forrajes, Texas Tech University RESUMEN/AID/INIIA. 5:89. Lima, Perú.

GANASAL. (2011). *Contenido de Selenio en las Plantas, el Suelo y los Animales*. Colombia. En: <http://salesganasal.com/2011/05/25/contenido-de-selenio-en-las-plantas-el-suelo-y-en-los-animales/>. Accesado el 09.05.2018.

GARCÍA MIRANDA ERIKA LETICIA. (2009). *Efecto inmunoestimulante del Astragalus membranaceus aplicado en el punto pishu (V20) en un modelo animal inmunodeprimido*. Instituto Politécnico Nacional. México DF.

GOMEZ-SOZA EDITH. (2010). *Nueva especie del género Astragalus (Leguminosae, Galegeae) para Perú*. Instituto de Botánica Darwinion. Argentina

GOMEZ-SOZA EDITH. (1979). *Las especies sudamericanas de género Astragalus (Leguminosae) I. Las especies patagónicas argentinas*. Ed. Darwiniana Vol. 22, No. 1-3, págs... 313.376. Argentina.

HUANG QIAOYUN. et al. (2008). *Soil mineral – microbe – organic interactions: Theories and applications*. Edit. Qiaoyan Huang. Heidelberg, Alemania.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario CENAGRO*. Lima, Perú.

JAFFÉ WERNER. (1992). *Selenio, un elemento esencial y tóxico*. Datos de Latinoamérica. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Vol. 42 N° 2. Caracas, Venezuela.

KRASTEVA ILINA Y NIKOLOV STEFAN. (2008). *Flavonoids in Astragalus corniculatus*. Química Nova 31(1), 59-60. U.S.A.

- LOCK DE UGAZ OLGA. (1994). *Investigación fitoquímica: métodos en el estudio de productos natural*. Ed. Fondo editorial-PUCP, páginas 21-35. Lima, Perú.
- MARSCHNER HORST. (1995). *Nutrición mineral de plantas superiores*. Segunda edición. 889pp. Londres, Inglaterra.
- MARTÍNEZ AGUSTIN. ROBLES CARLOS Y GIMENO EDUARDO JUAN. (2014). *Intoxicación por garbancillo o hierba loca*. Sitio Argentino de Producción Animal. Bariloche, Argentina.
- MATEOS ROMO ALVINO. (2018). *Minerales en la reproducción bovina*. Agrovet Market Animal Healt. México.
- MAURICIO GUTIERREZ A. MALDONADO VEGA M. Y PEÑA CABRIALES J. (2006). *Hiperacumulación de selenio en una planta endémica de León Guanajuato*. México.
- MENGEL K. Y KIRKBY E. (2001). *Principles of plant nutrition*. Quinta Edición. U.S.A.
- MORENO RODRÍGUEZ M. CALA RIVERO V. Y JIMENEZ BAIESTAR R. (1998). *Contenido de selenio en diferentes plantas en régimen semiárido*. Ecología N° 12. Universidad Autónoma de Madrid, España.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7ma. Ed. National Academy Press. Washington D.C.

NATURALISTA (2010). *Género Astragalus*. En: <https://www.naturalista.mx/taxa/139645-Astragalus-garbancillo>. Accesado el 25.08.2018.

NAVARRO ALARCON M. GIL HERNANDEZ F. Y GIL HERNANDEZ A. (2010). *Selenio, manganeso, cromo, molibdeno, yodo y otros oligoelementos minoritarios*. Capítulo 1.30. Universidad de Granada. España.

PARRA RONDINELLI F. TORRES GUEVARA J. CERONI STUVA A. (2004). *Composición florística y vegetación de una micro cuenca andina: el Pachachaca (Huancavelica)*. En *Ecología aplicada* 3(1,2), 9-16. Huancavelica, Perú.

QUIMICAS.NET (2018). *Ejemplos de PPM - Partes por Millón*. En: <https://www.quimicas.net/2015/05/ejemplos-de-ppm-partes-por-millon.html>. Accesado el 24.05.2015.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA – RAE (2014). *Diccionario de la lengua española*. 23^a Edición. España.

RAMOS EDU. (2003). *Evaluación de los Pastizales y Determinación de la Soportabilidad Forrajera en las Zonas Aledañas a Patahuasi - Tambo Cañahuas*. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú.

REINOSO VALERIA Y SOTO CLAUDIO. (2009). *Importancia de la vitamina E y el selenio en vacas lecheras*. Artigas. Uruguay.

RIBON LOZANO BEGOÑA (2016). *Espectroscopía de plasma ICP-OES*. Laboratorio de Técnicas Instrumentales UVA. Valladolid, España.

ROBLES CA SABER Y JEFREY M. (2000). *Intoxicación por Astragalus pehuanches (locoismo) en ovinos Merino de la Patagonia Argentina*. Publicado en Rev. Med. Veterinaria, Vol 81(5): 380-384. Bariloche, Argentina.

SALGADO HERNANDEZ ESMERALDA. (2006). *Sistemática Molecular de Especies del Género Astragalus (Fabaceae) distribuidas en el Centro de México*. Tesis para optar el título de Licenciado en Biología. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

VILLANUEVA C. GERARDO. (2011). *Nutrición del ganado: selenio*. Publicado en: Sitio Argentino de Producción Animal. Jalisco, México.

ANEXOS

1. FOTOGRAFÍAS



Figura 6. Equino ingiriendo Garbancillo en Palo Seco



Figura 7. Ovino después de ingerir Garbancillo en Juprog



Figura 8. Ovino afectado por ingestión de Garbancillo en Cahuacona



Figura 9. Georeferenciación del punto de muestreo en Callan Punta



Figura 10. Recolección de muestra de Garbancillo en Huaca Corral



Figura 11. Muestreo de suelo en Punta Olímpica



Figura 12. Muestra de suelo



Figura 13. Codificación de muestras



Figura 14. Muestras y herramientas de muestreo



Figura 15. Transporte de muestras

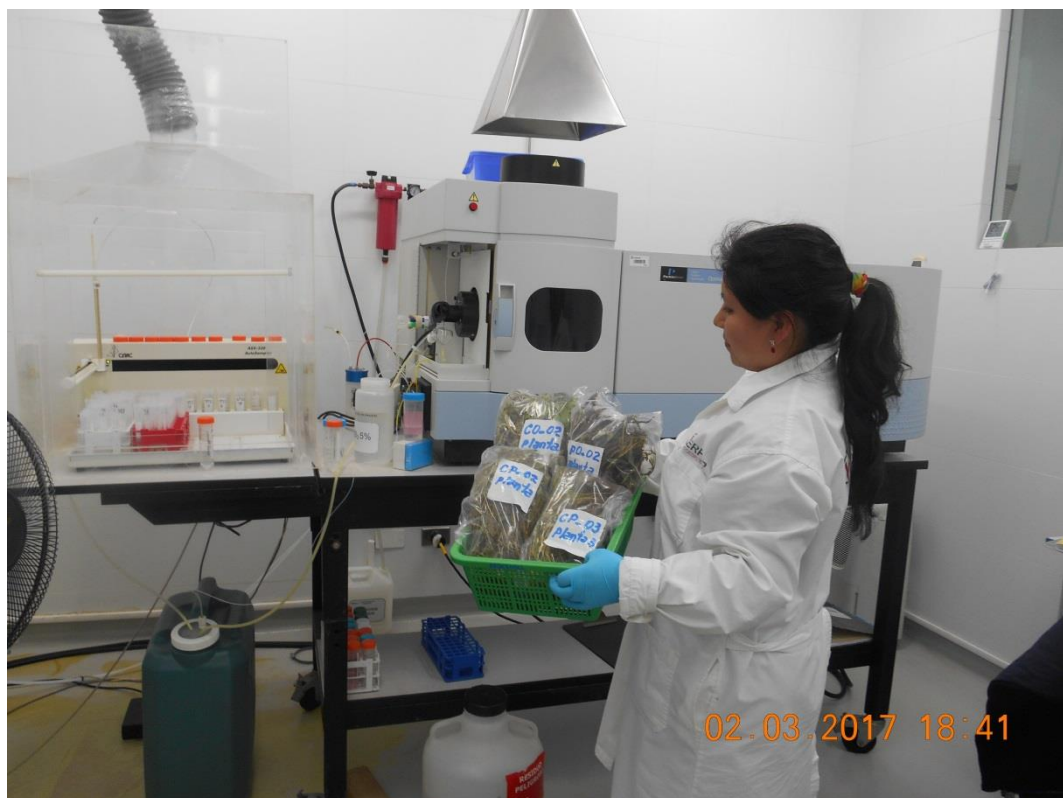


Figura 16. Análisis de muestras en laboratorio

2. INFORME TIPO DE ENSAYO DE SELENIO EN PLANTA



INFORME DE ENSAYO N° 3-02175/17

Pág. 1/1

Solicitante : ROQUE GONZALEZ, JUAN MOISES
 Domicilio Legal : Pj. Las Tejas N° 136 Barrio Quinuacocha – Independencia – Huaraz – Ancash
 Producto Declarado : PLANTA DE GARBANCILLO
 Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 350 g.
 Muestra proporcionada por el solicitante
 Forma de presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.
 Identificación de la muestra : CP-02 PLANTA
 Fecha de Recepción : 2017 – 03 – 02
 Fecha de Inicio del ensayo : 2017 – 03 – 08
 Fecha de Término del ensayo : 2017 – 03 – 11
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificado con : H/S 17002901 (EXAG-04334-2017)
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.
 Referencia : Este Informe de Ensayo reemplaza al Informe 3-01716/17 emitido el día 11 de Marzo de 2017

Metales totales por ICP-MS:

| Ensayos | Resultados |
|---|------------|
| Selenio (mg/kg) (LD: 0.050 mg/kg) LD: Límite de detección | 0,776 |

Método:

Metales totales por ICP-MS: Selenio: EPA 6020A Inductivelycoupled plasma-massspectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 21 de Marzo de 2017
 DV

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

BLGO. JUAN LÓPEZ HIDALGO
 C.B.P. N° 15273
 SUPERVISOR LABORATORIO
 TOXINAS E HIDROBIOLOGÍA

CALLAO
 Oficina Principal
 Av. Santa Rosa 601, La Parla - Callao
 T. (511) 319 9000
 info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
 Urb. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Cívico, Nuevo Chimbote
 T. (043) 311 048

PIURA
 Urb. Angamos IE Av. Panamericana
 Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura
 T. (073) 322 908 / 9975 63161

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

3. INFORME TIPO DE ENSAYO DE SELENIO EN SUELO



INFORME DE ENSAYO N° 3-01720/17

Pág. 1/1

Solicitante : ROQUE GONZALEZ, JUAN MOISES
Domicilio Legal : Pj. Las Tejas N° 136 Barrio Quinusoccha - Independencia - Huaraz - Ancash
Producto Declarado : SUELO
Cantidad de muestra para ensayo : 01 muestra x 1,5 kg.
Muestra proporcionada por el solicitante
Forma de presentación : En bolsa de polietileno, cerrada.
Identificación de la muestra : CO-01 SUELO
Fecha de Recepción : 2017 - 03 - 02
Fecha de Inicio del ensayo : 2017 - 03 - 08
Fecha de Término del ensayo : 2017 - 03 - 11
Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
Identificado con : H/S 17002901 (EXAG-04334-2017)
Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Metales totales por ICP-MS:

| Ensayos | Resultados |
|---|------------|
| Selenio (mg/kg) (LD: 0,050 mg/kg) LD: Límite de detección | < 0,050 |

Método:

Metales totales por ICP-MS: Selenio: EPA 6020A Inductively coupled plasma-mass spectrometry.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 11 de Marzo de 2017
DV

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.A.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO
Oficina Principal
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao
T. (511) 319 9000
info@cerper.com - www.cerper.com

CHIMBOTE
Urb. José Carlos Mariátegui s/n
Centro Cívico, Nuevo Chimbote
T. (043) 311 048

PIURA
Urb. Angamos IE Av. Panamericana
Nro. 0 Mz-A Lote - 02 - Piura
T. (073) 322 908 / 9975 63161

“EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE”

4. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE GARBANCILLO (MUSEO DE HISTORIA NATURAL – UNMSM)



"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

CONSTANCIA N° 433-USM-2018

EL JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:

La muestra vegetal (planta completa), recibida del Sr. **Juan MOISES ROQUE**; ha sido estudiada y clasificada como: ***Astragalus brackenridgei*** A. Gray y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1988):

DIVISION: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUB CLASE: ROSIDAE

ORDEN: FBALES

FAMILIA: FABACEAE

GENERO: *Astragalus*

ESPECIE: *Astragalus brackenridgei* A. Gray

Nombre vulgar: "Garbancillo"

Determinado por: Mg. Asunción Cano Echevarría

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.

Lima, 27 de noviembre de 2018



Mag. ASUNCIÓN A. CANO ECHEVARRÍA
JEFE DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)

ACE/ddb

MATRIZ DE CONSISTENCIA
EFFECTOS TÓXICOS DEL SELENIO CONTENIDO EN PLANTAS DE GARBANCILLO (*Astragalus sp.*), SOBRE LA SALUD DE ANIMALES DE CRÍA EN EL DEPARTAMENTO DE ANCASH

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | DISEÑO DE INVESTIGACION | METODOS Y TECNICAS | POBLACION Y MUESTRA |
|--|--|--|---|--|---|
| <p>Problema general:</p> <p>En las praderas nativas alto andinas del Perú, donde pastorea el ganado vacuno, ovino y equino, la mortalidad de estos animales alcanza niveles del 5% debido a la ingestión de plantas de garbancillo, generando grandes pérdidas económicas a las familias ganaderas. El estudio identificará los componentes que contiene esta planta y que generan la morbi-mortalidad de los animales.</p> | <p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar los efectos tóxicos del selenio, contenido en plantas de garbancillo (<i>Astragalus sp.</i>) en la salud de animales de cría en el departamento de Ancash.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Identificar las especies de garbancillo existentes en el departamento de Ancash. - Realizar una marcha fitoquímica, para determinar las sustancias que contiene el garbancillo, en especial el selenio. - Determinar la presencia de selenio en los suelos del departamento de Ancash donde prospera el garbancillo. - Determinar el efecto patológico y la sintomatología de animales afectados por consumo de garbancillo. | <p>La alta concentración de Selenio, contenido en el garbancillo es la sustancia que causa la morbi-mortalidad de animales de cría en el departamento de Ancash.</p> | <p>Descriptiva</p> <p>No experimental cuantitativo (no manipula variables)</p> <p>Recolecta datos en un único momento (se quiere conocer el estado actual del objeto de estudio, determinar su presencia en suelos y plantas; así como su grado de toxicidad en animales.</p> | <p>Identificación taxonómica de especies de garbancillo presentes en Ancash</p> <p>Determinaciones químicas de componentes y selenio en suelos y plantas de garbancillo.</p> | <p>Población:</p> <p>Suelos: El total de suelos de la zona alto andina del departamento de Ancash.</p> <p><i>Astragalus sp</i> o garbancillo: Las plantas de este género existentes en el departamento de Ancash.</p> <p>Muestra:</p> <p>Suelos y plantas de garbancillo de: Callan Punta, distrito y provincia de Huaraz; Huaca Corral, distrito de Chiquian provincia de Bolognesi); Conococha, distrito de Pampas Chico provincia de Recuay; Juprog, distrito de San Marcos provincia de Huari; Palo Seco distrito y provincia de Pomabamba; Cahuacana, distrito de Cashacancha provincia de Sihuas y Punta Olímpica, distrito de Shilla provincia de Carhuaz.</p> |