

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



“PRESENCIA DE TANINOS EN CULTIVOS DE FORRAJE VERDE  
HIDROPÓNICO PRODUCIDO A PARTIR DE SORGOS”

POR:

GONZALO GÓMEZ PÉREZ

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO JUNIO DE 2012.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

" ANTONIO NARRO " U.L.



"Presencia de taninos en cultivo de forraje verde hidropónico producido a partir de sorgo"

POR:

GONZALO GOMEZ PEREZ

MONOGRAFIA

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIA

---

DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

---

M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMÓN ALONSO

COORDINADOR DE LA DIVISION REGIONAL  
de la División  
Regional de Ciencia Animal  
DE CIENCIA ANIMAL



TORREÓN COAHUILA, MÉXICO.

JUNIO DE 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
" ANTONIO NARRO " U.L.  
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



MONOGRAFIA

POR

GONZALO GOMEZ PEREZ

"Presencia de taninos en cultivo de forraje verde hidropónico producido a partir de sorgo"

ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORIAS Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

DR. FERNANDO ULISES ADAME DE LEÓN

PRESIDENTE

PhD. JUAN DAVID HERNÁNDEZ BUSTAMANTE

VOCAL. 1

M.V.Z. JESUS GAETA COVARRUBIAS

VOCAL. 2

M.V.Z. RODRIGO ISIDRO SIMON ALONSO

VOCAL SUPLENTE

TORREON COAHUILA, MEXICO

JUNIO 2012

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

El Sr. Gonzalo Gómez Díaz y ala Sra. Magdalena Pérez Gómez por haberme guiado e impulsado a lo largo de mi vida y en el recorrido de la carrera como estudiante, por darme el ejemplo de trabajo, honestidad, respeto y perseverancia, también por el apoyo que me han brindado. Les dedico este trabajo por haberme dado el apoyo en todo momento en las buenas y en las malas, y saber superar los problemas que se presentan en todo momento.

### **A MIS HERMANOS.**

Que siempre han estado presentes en todo momento en los problemas y que siempre me han apoyado incondicionalmente.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS.**

Quiero agradecer inmensamente a Dios por prestarme la vida, por ayudarme a terminar mi carrera, gracias por darme fuerzas para realizar este sueño que creía ser algo inalcanzable para mí, también por estar conmigo en todo momento, por cada una de las cosas que no merezca pero que he recibido durante mi vida.

### **A MI UNIVERSIDAD**

Por brindarme la oportunidad de realizar mi sueño es esta institución, en donde me llevare una gran experiencia, recuerdo y conocimientos, que le dieron un gran cambio en mi vida y forjarme en mi desarrollo profesional.

### **A MIS ASESORES.**

Dr. Fernando Ulises Adame de León y PhD. Juan David Hernández Bustamante por su apoyo, su tiempo y su confianza que me brindaron durante el desarrollo de este trabajo en la universidad, gracias.

### **A MIS AMIGOS.**

Por darme su apoyo, su amistad y confianza, su motivación fue considerable durante mi carrera, gracias por formar parte de esta competencia por la vida.

## ÍNDICE GENERAL

	Paginas
ÍNDICE DE CUADROS.....	I
RESUMEN.....	II
INTRODUCCIÓN.....	1
CARACTERÍSTICAS DE LOS TANINOS.....	4
CLASIFICACIÓN DE LOS TANINOS.....	4
• TANINOS HIDROLIZABLES.....	6
GALATANINOS.	
ELLAGITANINOS.	
• TANINOS CONDENSADOS (PROANTOCIANIDINAS).....	7
PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS TANINOS.....	8
USOS.....	9
EFFECTOS SOBRE OTRAS MOLÉCULAS. ....	10
INTERACCIÓN DE TANINOS Y ALMIDÓN.	
INTERACCIÓN TANINO CELULOSA.	
SITIO DE ACCIÓN DE LOS TANINOS.....	11
• CAVIDAD ORAL.	
• LUMEN DEL TRACTO GASTROINTESTINAL.	
• CONSUMO.	
EFFECTO SOBRE LAS ENZIMAS DIGESTIVAS.....	13
EFFECTO SOBRE EL TRACTO DIGESTIVO.....	14
EFFECTOS NUTRICIONALES POR TANINOS CONDENSADOS.....	15
EFFECTOS NEGATIVOS SOBRE EL CONSUMO.	
EFFECTOS SOBRE EL CRECIMIENTO ANIMAL.....	17

EFFECTO SOBRE LA ENERGÍA.....	17
DESACTIVACIÓN DEL TANINO.....	18
SORGO BLANCO (BAJO EN TANINOS -0.4%).....	19
TANINOS EN SORGO CAFÉ.....	20
EL SORGO CON ALTO TANINO PERMITE UNA DIETA BALANCEADA.....	23
BENEFICIOS DEL SORGO CON TANINOS EN LA DIETA BOVINA.....	24
TANINOS Y FENOLES DEL SORGO.....	25
EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE TANINOS EN HÍBRIDOS DE SORGOS GRANÍFERO.....	29
DETERMINACIÓN DE TANINOS EN SORGO - MÉTODO DE PRUEBA.....	31
TRATAMIENTO PARA REDUCCIÓN DE TANINOS EN LOS CULTIVARE DE SORGO.....	33
ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS TANINOS.....	34
• MÉTODO COLORIMÉTRICOS.	
• MÉTODO DE BUTANOS ACIDO (BUTANOL HCL)	
• MÉTODO VAINILLIN HIDROCLORURO.	
• MÉTODO RHODANINE	
• MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE ELLAGITANINOS.	
• MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS.	
• MÉTODO GRAVIMÉTRICO CON PVP.	
• MÉTODO DE PRECIPITACIÓN DE PROTEÍNAS.	
• MÉTODO DE DIFUSIÓN RADIAL.	
CONCLUSIÓN.....	39
RECOMENDACIONES.....	40
LITERATURA CITADA.....	41

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina
1.- DESACTIVACIÓN DEL TANINO.....	18
2.- CONTENIDO DE POLIFENOLES Y COLOR DEL GRANO DE 36 HÍBRIDOS COMERCIAL Y PRE COMERCIALES DE SORGO GRANÍFERO.....	30
3.-EVALUACIÓN DE TANINOS POR SU COLOR Y CONTENIDO.....	33



## Resumen

Los taninos son un complejo de polímeros fenólicos de sabor astringente, que constituyen algunos de los productos naturales y están ampliamente distribuidos en muchos vegetales incluyendo árboles, frutas y pastos. Las frutas inmaduras son usualmente ricas en taninos que se convierten en formas inertes a medida que la fruta madura, su presencia en los cereales es rara pero en el caso del sorgo se encuentra únicamente en los cultivares genotípicamente pardos.

Numerosos estudios han confirmado el efecto negativo de los taninos en las dietas de sorgo para animales ya que estos forman complejos insolubles con las proteínas y otras macromoléculas, afectando negativamente la energía metabolizable y la disponibilidad de proteína. Este complejo tanino proteína es considerado responsable del bajo nivel de crecimiento, baja digestibilidad de proteína y disminución de aminoácidos aprovechados e incremento de nitrógeno excretado. Además, las enzimas digestivas como la amilasa, lipasa y tripsina son fuertemente inhibidas, afectando en esta forma la digestibilidad de proteínas, grasas y almidones. A todos estos factores se les atribuye un efecto detrimental en la eficiencia y conversión de alimento, como también alteraciones histológicas a nivel del tracto gastrointestinal.

Las pérdidas económicas ocasionadas a la producción animal por los altos niveles de taninos contenidos en el sorgo no están plenamente determinados, pero se podría considerar que superándolas se incrementaría la capacidad de producción en el área avícola en Colombia en más de 7,5 millones Ton/año, de carne de pollo.

Palabras clave: taninos, forraje verde, sorgo, fenoles, digestibilidad

## **Introducción.**

Tal y como tradicionalmente se utiliza en química vegetal, el término tanino hace referencia a una numerosa serie de compuestos propios de las plantas, que presentan determinadas propiedades fisicoquímicas y funcionales comunes, pero no necesariamente estructuras químicas análogas (Hagerman, 1991).

El término "tanino" fue introducido por Siguin en (1976) y ha sido usado para calificar a un grupo de sustancias que presentan algunas propiedades que están relacionadas con el curtido de cueros, formando fuertes uniones con las proteínas de la piel de los animales, actúan como fijadores de proteína, precipitan la gelatina y producen una coloración rojiza, inhiben el crecimiento de bacterias y hongos y causan inhibición de ciertas enzimas vegetales.

Los taninos son un complejo de polímeros fenólicos de sabor astringente, que constituyen algunos de los productos naturales y están ampliamente distribuidos en muchos vegetales incluyendo árboles, frutas y pastos. Las frutas inmaduras son usualmente ricas en taninos que se convierten en formas inertes a medida que la fruta madura, su presencia en los cereales es rara pero en el caso del sorgo se encuentra únicamente en los cultivares genotípicamente pardos.

El contenido de taninos (%EC) varía entre cultivares de una misma cosecha y dentro de cultivares pertenecientes a cosechas distintas. La influencia de factores intrínsecos y extrínsecos que parece afectar su concentración (Latorre et al. 1998).

En repetidas ocasiones ha sido aconsejada la adopción de designaciones basadas únicamente en la naturaleza química de este tipo de compuestos, tales como la de polifenoles de plantas u otras incluso más correctas desde el punto de vista químico, aunque en ningún caso del todo satisfactorias; por ejemplo, la citada denominación de polifenoles incluiría compuestos adicionales, que no presentan las propiedades características y únicas de los taninos.

En la práctica, se sigue utilizando el término tanino en un sentido general y un tanto impreciso. Sin embargo, en sentido estricto para que un determinado compuesto pueda ser actualmente considerado como tanino debe presentar las

siguientes características químicas y funcionales : debe tratarse de una molécula oligométrica, constituida por unidades estructurales repetidas ,conteniendo grupos fenólicos que en su mayoría deben de estar libres y no sustituidos . Se establece, además, un peso molecular mínimo de alrededor de 500 sin que haya sido fijado el límite superior, habiéndose descrito moléculas con valores incluso superiores a 20.00.

Por otra parte, es importante señalar que entre los metabolitos de las plantas de naturaleza fenólica y de alto peso molecular, solo los taninos son capaces de acomplejarse con proteínas y carbohidratos, propiedad que les ase útiles tanto en la mencionada industria del curtido de pieles como en otras también de gran interés , como es la de obtención de adhesivos. Esta capacidad de los taninos, para formar complejos con tan importantes componentes celulares, constituye la base físico-química de las acciones biológicas que se les atribuyen.

Teniendo en cuenta la naturaleza química, los taninos de las plantas superiores se han distribuido principalmente en dos grandes grupos: los “taninos hidrolizables “y los “taninos condensados “. Los taninos hidrolizables son esterres de glúcidos y ácidos fenólicos y como su propio nombre indica, son fácilmente hidrolizables en condiciones acidas o básicas por acción de las enzimas, (este rasas), mientras que los taninos condensados son oligomeros y polímeros de flavanoides unidos por enlaces C-C, y son susceptibles de hidrólisis (Hagerman, 1991).

Numerosos estudios han confirmado el efecto negativo de los taninos en las dietas para animales ya que estos forman complejos insolubles con las proteínas y otras macromoléculas, afectando negativamente la energía metabolizable y la disponibilidad de proteína. Este complejo tanino proteína es considerado responsable del bajo nivel de crecimiento, baja digestibilidad de proteína y disminución de aminoácidos aprovechados e incremento de nitrógeno excretado. Además, las enzimas digestivas como la amilasa, lipasa y tripsina son fuertemente inhibidas, afectando en esta forma la digestibilidad de proteínas, grasas y almidones. A todos estos factores se les atribuye un efecto detrimental en la eficiencia y conversión de alimento, como también alteraciones histológicas a nivel

del tracto gastrointestinal y una disminución del tamaño de la bolsa de Fabricio, afectando así el sistema inmunológico del ave y por ende la respuesta a las vacunas.

Las pérdidas económicas ocasionadas a la producción animal por los altos niveles de taninos contenidos en el sorgo no están plenamente determinados, pero se podría considerar que superándolas se incrementaría la capacidad de producción en el área avícola en Colombia en más de 7,5 millones Ton/año, de carne de pollo. Esto aumentaría la oferta al consumo per cápita en 208gr. hab/año y representaría unos 12,5 millones de dólares. Mejorando así la rentabilidad de esta actividad pecuaria. Para el área de producción de huevos se considera que los taninos son responsables de que parámetros productivos como la conversión aumenten y sus pérdidas se incrementen. Es importante destacar que el consumo per cápita en Colombia para pollos es de 17 kilos/hab/año y para huevos de 173 unidades/hab/año. Aunque este consumo ha aumentado en los últimos años es muy inferior al reportado por otros países como Venezuela, Estados Unidos y países de la Comunidad Económica Europea (Latorre et al; 1998).

El término “tanino” se refiere mas a su función que a su carácter químico.

El ácido m-digálico presenta ya una cierta acción curtiente. Sin embargo, tiene un peso molecular demasiado bajo para encontrar aplicación práctica como curtiente. Solamente se encuentran sustancias curtientes utilizables en los productos de esterificación del ácido gálico y del ácido m-digálico con los hidratos de carbono (generalmente glucosa) de pesos moleculares considerablemente altos, que aparecen en la naturaleza de forma diversas recibiendo el nombre de taninos (angara,A.A. 1999).

## **Características de los taninos**

Son grupos oligoméricos con múltiples estructuras unidas a grupos fenólicos libres con un peso molecular que oscila entre 500 y 20.000 daltones, solubles en agua, con excepción de algunas estructuras de alto peso molecular y tienen la habilidad de atrapar proteínas y formar complejos solubles o insolubles(Latorre et al.1998).

Los taninos han sido clasificados en dos grandes grupos

Los taninos pueden dividirse en dos grupos:

- a.- Taninos pirogálicos o hidrolizables
- b.- Taninos condensados(Latorre et al.1998).

## **Clasificación de los taninos**

Los taninos son compuestos polifenólicos de las plantas, su característica principal es la de bloquear y precipitar las proteínas influyendo así sobre el valor nutricional de muchos alimentos consumidos por humanos o animales. Se encuentran comúnmente en frutas, té, chocolate, leguminosas, forrajes y pastos, ellos son los responsables del sabor astringente de vinos y de frutas inmaduras, son los responsables del color de flores y hojas en otoño.

La palabra tanino se refiere a una tecnología tradicional utilizada para describir el proceso de transformar pieles de animales en cueros mediante el uso de extractos de plantas utilizando diferentes partes y distintas especies.

Los taninos son compuestos fenólicos que precipitan las proteínas estando compuestos por grupos muy diversos de oligómeros y polímeros. No solo los taninos precipitan las proteínas también otros compuestos fenólicos como el ácido pirogálico y el resorcinol tiene esta propiedad(Latorre et al.1998).

Las plantas desarrollan este tipo de compuestos como mecanismos de defensa contra predadores y patógenos.

No todos los poli fenoles precipitan las proteínas ni forman complejos con los polisacáridos. Algunos autores definen los taninos como compuestos fenólicos de alto peso molecular que contienen suficientes hidroxilos y otros grupos ( como los carboxilos) que les permiten formar complejos fuertes con proteínas y otras macromoléculas bajo particulares condiciones ambientales estudiadas.

Los taninos forman complejos con proteínas, almidones, celulosas y minerales. Estos taninos se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal encontrándose en el Gimnosperma y el Angiospermo en estos últimos son más comunes en Dicotiledóneas que en monocotiledóneas.

Los taninos están localizados en las vacuolas o superficies serosas de las plantas, en estos sitios no interfieren con el metabolismo de las plantas solo después de que la célula se rompe y muere ellos pueden tener sus efectos metabólicos. En la semilla se localizan principalmente en la capa del integumento externo y la aleurona estos están asociados con el efecto de dormancia de la semilla, tiene efectos bactericidas y alelopáticos.

Existen tres clases de metabolitos secundarios en las plantas: Compuestos nitrogenados, terpenoides y fenólicos, los taninos corresponde a la clase de fenoles. Y todos los compuestos fenólicos de una u otra forma se sintetizan por la vía del ácido shiquímico conocido la Eafenilpropanoide. Las mismas vías conducen a la formación de otros compuestos fenólicos como isoflaxinas, cumarinas, lioninas, aminoácidos aromáticos (triptófano, fenilalanina y tirosina).

Las dos categorías de taninos principales que inciden en la nutrición animal son los taninos hidrolizables (HTs) y los taninos condensados identificados más correctamente como proantocianidinas (PAs) los cuales son resistentes a la degradación hidrolítica. Un ejemplo de como se forman los taninos se describe a continuación.

El ácido gálico es derivado del ácido quinico el lagotaninos que se forman de esteres del ácido luxahidroxidifenico mediante una oxidación doble de las

unidades vecinas de ácido gálico unidas a un núcleo de D-glucosa; adicionalmente la oxidación de las formas de acoplamiento de los taninos hidrolizables (HT) polímeros.

Las proantocianidinas (PA) el precursor biosintético es la leucocianidinas (flavan 3.4 diol y flavan 4-ol) cerca de la auto oxidación en ausencia de calor ellos forman antocianidinas y 3 deoxiantocianidina que a la vez se polimeriza para formar PA (Latorre et al;1998).

### **Taninos hidrolizables.**

Son esteres de ácidosfenoles y de osas, se denominan así por ser fácilmente hidrolizables por ácidos, bases, enzimas. Antiguamente se les llamaban taninos pirogálicos, porque procedían del pirogalol, por destilación seca. Se diferencian dos grupos, los galotaninos y los ellagitaninos(Hagerman, 1991).

**Galotaninos:** son esteres del ácido gálico y del ácido di gálico unidos entre sí por funciones esteres entre el  $-\text{COOH}$  de uno de ellos y el  $-\text{OH}$  del otro. A su vez unidos a osas como la glucosa, a veces la hamamelosa (derivada de la ribosa). A este grupo pertenece el tanino de Nuez de Agalla, la glucogalina del Ruibardo, el hamamelitanino de las hojas de hamamelis, los taninos de los Arces etc. El tanino de Agalla da por hidrólisis, por cada molécula de glucosa 9 a 10 moléculas de ácido gálico. Es una mezcla de compuestos isómeros, siendo el principal el que tiene 5  $-\text{OH}$  de la glucosa esterificados por 5 moléculas de ácido galoil-gálico. Otro posible isómero es el que tiene en la glucosa el  $-\text{OH}$  del carbono 1 esterificado por un ácido pentagaloilgálico y en los otros  $-\text{OH}$  una molécula de ácido gálico (Hagerman, 1991).

**Ellagitaninos:** o taninos elágicos. Son sustancias complejas, que dejan un depósito insoluble durante el curtido de las pieles (tanado), ello es debido a la precipitación del ácido elágicos (dilactona, unión de dos ácidos gálicos) que en el vegetal vivo estarían unidos a azúcares. Esta se formaría durante la extracción del

tanino en agua hirviente. Su hidrólisis produce glucosa, ácido elálgicos y ácido gálico(Hagerman, 1991).

### **Taninos condensados (proantocianidinas)**

Son polímeros fenólicos de alto peso molecular (500 a 3000 daltones) no son fácilmente hidrolizables y tienden a polimerizarse a productos insolubles amorfos especialmente en presencia de ácidos minerales. Se considera que sus precursores son las catequinas o derivados de flavan-3-ols que se sintetizan a partir de combinaciones con ácido shiquímico. Los taninos de los sorgos pardos son de la clase condensada y su estructura química consiste en un polímero de catachín y epicatedrin unidos.

Los taninos condensados son más ampliamente distribuidos que los taninos hidrolizables. Ellos son oligómeros o polímeros de unidades unidas por uniones carbono-carbono no susceptibles de dividirse por hidrólisis.

Las proantocianidinas son más comúnmente llamadas taninos condensados debido a su estructura química condensada. Sin embargo, los taninos hidrolizables también sufren reacciones de condensación. El término tanino condensado puede causar confusión. El término proantocianidinas se deriva de la reacción de oxidación por catálisis ácida que produce color rojo por las antocianidinas al sobrecalentar las proantocianidinas en una solución alcohólica.

Las antocianidinas más comúnmente producidas son cyanidin (flavan 3-ol de procyanidin) y delfinidin de prodelfinidin. Proantocianidinas pueden contener de 2 a 50 unidades o más de flavonoides. Los polímeros de PA tienen complejas estructuras porque las unidades flavonoides pueden diferir de algunos sustitutos y por la variación de los sitios de las bandas interflavan.

Los pigmentos antocianidinas son los responsables de una amplia gama de rosados, escarlata, rojo, malva, violeta y color azulado en flores, hojas, frutas, jugos de frutas y vinos. Ellos también son los responsables del sabor astringente de jugos y vinos.



Las uniones carbono - carbono de los taninos condensados no son divididos o separados por hidrólisis dependiendo de su estructura química y el grado de polimerización, los taninos condensados pueden o no ser solubles en solventes orgánicos acuosos (Latorre et al.1998).

#### Taninos no hidrolizables, condensados

Estas sustancias no son hidrolizables por los ácidos ni por las enzimas. Los ácidos fuertes en caliente o los agentes de oxidación los convierten en sustancias rojas u oscuras, insolubles en la mayor parte de los solventes, llamados "Flobafenos". Estos taninos no son derivados del ácido gálico sino que derivan de los catecoles, a los que se los considera pro taninos.

Poseen estructura relacionada con los flavonoides y por ser no glucídicos son poco solubles en agua y en lugar de hidrolizarse cuando se los hace hervir en ácido diluido, se transforman en producto de condensación. Las catequinas se consideran precursores de los taninos condensados. Los taninos presentes en las uvas son catequinas y sobre todo leucoantocianidinas(Hagerman, 1991).

#### **Propiedades Químicas de los taninos**

Los taninos solubles en agua son precipitados de sus soluciones por sales de metales pesados (Cu, Fe, Hg, Pb, Zn, Sn), rara vez se los obtiene cristalinos y los 7 agentes oxidantes los transforman en productos de color oscuro llamados Flobafenos. Por poseer -OH fenólicos se colorean con las sales férricas, los galotaninos y ellagitaninos dan coloración azul-negro, mientras que los taninos caté quicos dan coloración marrón-verdoso. Precipitan con los alcaloides, molibdato de amonio, tugstato de sodio y soluciones de albúmina (gelatina).

Los taninos caté quicos son precipitados por el agua de bromo, el formol clorhídrico. Todos los taninos son fácilmente oxidables sobre todo en medio alcalino.

Estudios recientes (González Fresada y otros. 2001). Han demostrado que las catequinas y flavanoides son fuente de protección por sus propiedades antioxidantes. Por la similitud estructural con los taninos condensados, fueron estudiados éstos en especies forestales (pino, casuarina, mimosa, eucaliptus) frente a la capacidad protectora de los rayos UV. Los estudios demostraron la eficiencia en la protección de las bacterias contra el daño de los UV(Hagerman, 1999)

Por su carácter polar, los polifenoles se han extraído generalmente con mezclas de alcoholes con agua en diversas proporciones. Sin embargo, la mezcla mas frecuente usada es acetona – agua (70:30) (Hipólito, 2007).

## **Usos**

La propiedad que tienen los taninos de precipitar a las proteínas se utiliza en el proceso del curtido, por la cual la piel de los animales se convierte en cuero. No sólo afecta la flexibilidad, resistencia e impermeabilidad del cuero, sino que lo preserva debido a sus propiedades antisépticas. Los intensos colores que dan con las sales de hierro hacen que se utilicen para fabricar tintas en escala comercial. La precipitación de los alcaloides por los taninos se usa en toxicología como antídoto en el envenenamiento por alcaloides, pues inactivan a los mismos por formar compuestos insolubles.

Los taninos son usados en medicina a causa de sus propiedades astringentes, las cuales se debe a que los taninos reaccionan con las proteínas constituyentes de la piel y mucosas, lo que se les reconoce por la sensación de sequedad y aspereza que provocan en contacto con la mucosa bucal. Cuando bajas concentraciones de taninos se aplican sobre la mucosa, únicamente la parte externa es “tanada”, se pone menos permeable y aumenta la protección de las capas profundas contra la infección bacteriana, irritación química y mecánica. Los pequeños vasos se contraen y debido a su empobrecimiento del tejido en sangre, son usados en inflamaciones de la mucosa, catarro, pequeñas heridas. Altas concentraciones de taninos pueden producir irritaciones. Las propiedades antisépticas son debidas a que a altas concentraciones, producen coagulación del protoplasma de los

microorganismos. La preparación del tanino puro es extremadamente difícil debido a las numerosas sustancias que lo acompañan en los vegetales y a la facilidad con que se modifican por polimerización, oxidación e hidrólisis en el curso de las operaciones de extracción.

En el vegetal, se les atribuyen función de protección, dado el alto poder antiséptico para prevenir germinación de hongos y crecimiento de parásitos (angara 1999).

### **Efecto Sobre Otras Moléculas**

Los taninos también forman complejos con otras macromoléculas.

Presentándose disminución de la digestibilidad de celulosa, hemicelulosa, almidones y materia seca. Los almidones forman complejos catequinas-almidón lo cual impide la utilización de las moléculas de almidón por parte de los organismos.

Los almidones y la celulosa forman complejos con los taninos (especialmente con los taninos condensados) (Latorre et al; 1998).

### **INTERACCIÓN DE TANINOS Y ALMIDÓN**

Los almidones tienen la habilidad de formar cavidades que permiten formar complejos con taninos y muchas otras moléculas lipofílicas.

Solo los almidones entre las moléculas que son atrapadas por los taninos tienen esta característica (Latorre et al; 1998).

### **INTERACCIÓN TANINOS CELULOSA**

La celulosa tiene una interacción directa de superficie con los taninos. Los carbohidratos de la pared celular y su interacción con taninos esta asociación está menos entendida, una explicación es que los taninos se asocian con la pared celular de la planta como una manera de asemejarse a la lignina, sin embargo otra explicación es que los taninos son meramente un artefacto aislado de las células no vivas y la localización de los taninos en la pared celular es completamente

diferente en las células vivas que en las células de las plantas después de la digestión por los animales.

La interacción taninos carbohidratos se incrementa por carbohidratos de alto peso molecular, baja solubilidad, y flexible conformación; esta interacción se basa probablemente en las formas hidrofóbicas y uniones de hidrógenos.

Los grupos carboxilo y/o hidroxilo de los poli fenoles pueden formar complejos con los metales catiónicos, estos complejos se disocian a diferentes valores de pH ya que las sales minerales se precipitan a medida que se incrementa el pH. y el precipitado se disuelve a medida que el pH desciende. En el complejo formado por tanino-hierro hace que se presente un descenso en la hemoglobina ocasionando anemia en los animales (Latorre et al; 1998).

## **SITIOS DE ACCIÓN DE LOS TANINOS**

**Cavidad oral.** La masticación rompe la pared celular de las plantas quedando expuestas las proteínas y carbohidratos a la acción de los taninos.

**Lumen del tracto gastrointestinal.** Los taninos libres complejos de proteínas dietéticas y proteínas metabólicas (ejemplo bacterias, enzimas y células epiteliales).

**Consumo.** Los taninos reducen el consumo voluntario disminuyendo la palatabilidad y afectando negativamente la digestión.

Palatabilidad es reducida porque los taninos son astringentes esta es la sensación causada por la formación de complejos entre taninos y la glicoproteínas de las glándulas salivares.

La baja palatabilidad deprime el consumo de los alimentos y la productividad del animal. La digestibilidad influye negativamente reduciendo el consumo, porque los efectos del llenado intestinal asociado con la indigestibilidad de los nutrientes, varios estudios reportan altos consumos de alimento y ganancias de peso cuando las dietas libres de taninos son comparadas con dietas que si los contienen. Algunos cuidados deben tenerse en cuenta cuando se interpretan estos resultados. En varios ensayos fuentes de taninos comerciales fueron usados este tipo de taninos son usualmente más efectivos a bajos consumos de alimento que

lo que ocurre normalmente con los taninos. Otro problema probablemente presente en muchos ensayos es que solo los taninos extractables se pueden medir y los taninos insolubles no son cuantificados, sin embargo los taninos pueden tener igual o mayor actividad biológica que aquellos que son más fácilmente extraídos. Cuando la presencia normal de taninos es utilizada, estos taninos no reducen comúnmente el consumo de alimento en algunos ensayos con dietas ricas en taninos fueron consumidos igual o en menor cantidad que dietas bajas en taninos.

La forma como los alimentos son suministrados pueden influenciar como los taninos afectan el consumo voluntario, cuando los alimentos se administran secos distinto a cuando se dan verdes. El secado reduce la solubilidad de los taninos y reduce la habilidad de formar complejos proteicos (los taninos se polimerizan reduciéndose el número de hidroxilos libres disponibles para atrapar proteínas) se puede incrementar el consumo en los animales de dietas ricas en taninos mediante el uso de compuestos por una alta afinidad por taninos, como el propilenglicol (PEG), estos tienen una alta afinidad por los taninos más que las proteínas, estos pueden ser esparcidos en el alimento siendo poco costoso su uso incrementando la palatabilidad y la digestibilidad resultando una alta productividad animal (Latorre 1998).

El consumo de alimento también puede ser deprimido por compuestos fenólicos de bajo peso molecular. Estos predominan durante los estados de Crecimiento temprano de la planta siendo convertidos en oligómeros y finalmente en polímeros (taninos) cuando las plantas maduran. Estos compuestos fenólicos de bajo peso molecular son asimilados por el organismo exhibiendo efectos sistémicos como alteraciones del sistema fisiológico, incrementando requerimientos energéticos debido a su detoxificación trayendo como consecuencia una disminución en la tasa de crecimiento.

Encontraron que además de las proteínas de la saliva ricas en prolina que protegen de la acción de los taninos, existe en la glándula parótida una proteína de bajo peso molecular la cual fue purificada e identificada como Histatins 5 la cual

en la mayoría de las circunstancias demostró ser más eficiente que las proteínas salivares ricas en prolina precipitando fuertemente los taninos protegiendo la actividad de la amilasa de la inhibición de los taninos. En forma similar las proteínas salivares pueden proteger otras actividades biológicas en el tracto digestivo de la actividad inhibitoria de los taninos(Latorre et al; 1998).

## **EFFECTO SOBRE LAS ENZIMAS DIGESTIVAS**

Las enzimas digestivas como la amilasa, lipasa, tripsina son fuertemente inhibidas por los taninos condensados afectando en esta forma la digestibilidad de proteínas grasas y almidones.

Los taninos condensados inhiben más la tripsina que los taninos hidrolizables mientras que estos últimos inhiben la lipasa y ambos inhiben amilasa.

A todos estos factores se atribuye el incremento en los niveles de nitrógeno, y del contenido de lípidos en las heces de animales alimentados con sorgos ricos en taninos (Buttler, 1990).

Pero también se incrementa la materia seca excretada y el nitrógeno fecal de origen endógeno en aves y ratas. Existiendo una correlación negativa altamente significativa entre taninos condensados y la retención de nitrógeno.

La magnitud del efecto inhibitorio de las enzimas digestivas por acción de los taninos se ha relacionado:

- a) La cantidad de la proteína dietaria.
- b) Formación de complejos tanino - proteína antes de la ingestión
- c) Inhibición de varias enzimas en el tracto digestivo.
- d) Diferencias de afinidad entre los taninos y las enzimas digestivas
- e) El pH del tracto digestivo.
- f) El tipo y fuente del tanino.
- g) Especie y edad del animal.

(Jaramillo et al; 1994) sugiere que los taninos condensados de muy bajo peso molecular o altamente polimerizados tendrían menor capacidad para precipitar proteínas y por ende menor efecto inhibitorio de las enzimas digestivas in vitro.

HTs y PAs forman complejos tanino proteína de manera similar, las proteínas así atrapadas son resistentes al ataque de las proteasas quedando así indisponible para la nutrición animal. Sin embargo, se supone que los taninos hidrolizables pueden tener un menor efecto depresivo sobre la digestión de proteínas. Porque estos taninos pueden hidrolizarse en el ambiente gástrico ácido y liberar las proteínas atrapadas, cuando los taninos solubles obran interactuando recíprocamente con las proteínas se forman complejos solubles e insolubles, su porción depende de la relativa concentración y del tamaño de ambas moléculas. Los complejos solubles son formados cuando la concentración proteica esta en exceso (pocos sitios de acoplamiento por cada molécula de proteína), los complejos solubles representan un problema para su análisis porque ellos no precipitan y así son difíciles de medir. Complejos insolubles se forman cuando los taninos están presentes en exceso y forman una capa exterior hidrófoba en la superficie del complejo.

Efecto sobre el valor energético del grano.

El valor energético de sorgos, se ha asociado con el contenido de taninos y se señala que el contenido energético es de 5 a 10% inferior en los sorgos con altos contenidos de taninos condensados con respecto a los de baja concentración en taninos(Latorre et al; 1998).

### **Efecto sobre el tracto digestivo**

Existen un gran grupo de compuestos polifenólicos dentro de los cuales se encuentra los ácidos fenólicos, flavanoides y taninos (Buttler, 1990).

Todos los sorgos contienen fenoles los cuales inciden en su color, apariencia y calidad nutricional aunque el ácido tánico no es el mejor patrón de referencia para hacer estudios de toxicidad de los taninos. Estos han sido utilizados, en muchas

investigaciones para evaluar el efecto nocivo sobre el tracto gastrointestinal, pero su actividad por vía oral son de tipo local con desprendimiento de la mucosa del esófago, hipersecreción de la mucosa gástrica y duodenal, inflamación del buche y atrofia de la bolsa de Fabricio, gastroenteritis, hemorragias y congestión de la pared intestinal. El exceso de taninos en la dieta ocasiona excreción de mucoproteínas, ácido siálico, glucosa minas (Jaramillo, 1991).

El mecanismo de defensa activado para contrarrestar la acción de los taninos como barrera química es la producción de mucoproteínas endógenas, que van a terminar afectando la respuesta productiva.

Generalmente los taninos inducen una respuesta negativa cuando son consumidos estos efectos pueden ser instantáneos como el sabor astringente, amargo o desagradable o pueden tener una respuesta tardía relacionadas con efectos tóxicos o anti nutricionales(Jaramillo, 1991).

Los taninos tienen efecto negativo sobre el consumo voluntario de los animales, digestibilidad de los alimentos y eficiencia de producción, estos efectos varían dependiendo del contenido y tipo de taninos ingeridos, de la tolerancia de los animales que a la vez son dependientes de las características y tipo del tracto digestivo, conducta alimenticia, talla corporal y mecanismo de detoxificación (Latorre et al; 1998).

### **Efectos nutricionales por taninos condensados.**

La capacidad de los TC para unirse a otras moléculas constituye el aspecto más importante para comprender los efectos que se les atribuyen sobre los procesos de digestión. Debido a su estructura química poseen la capacidad de unirse a diferentes compuestos como proteínas, polisacáridos, minerales, carbohidratos, celulosa, células de las membranas bacterianas y enzimas involucradas en la digestión de los compuestos antes mencionados (Reed y col. 1990).



Durante estos procesos, los taninos pueden tener efectos positivos y negativos sobre el valor nutritivo de los forrajes según la concentración en la que se encuentren. Así, a altas concentraciones, 6-10% de la MS deprimen el consumo voluntario y la palatabilidad de las especies forrajeras. También reducen la digestibilidad: de la materia seca, de la materia orgánica, de la fibra, de la proteína, y de los carbohidratos y por consiguiente afectan negativamente el desempeño productivo de los animales (Reed y col. 1990).

En moderada y baja concentración, (2-4 % de la MS), su efecto es beneficioso, previenen infecciones y aumentan la distribución de nitrógeno no amónico y de los aminoácidos esenciales desde el rumen (Mc Nabb y col. 1993).

La concentración de los taninos en la dieta, con un rango de valores medidos que variaron entre 0 - 12 % de MS, presentaron respuesta lineal y positiva en la formación de complejos taninos-proteínas (Barry y MacNabb. 1999).

### **Efectos negativos sobre el consumo.**

La presencia de TC en leguminosas puede disminuir el consumo de las mismas por actuar sobre la palatabilidad de estas especies, afectando la digestión. La formación de complejos entre las proteínas salivales y taninos provoca una sensación de astringencia que puede aumentar la salivación disminuyendo la palatabilidad de las especies (Waghorn et al; 1997).

Sin embargo, estos efectos parecen estar más sujetos a los efectos propios del funcionamiento del rumen y del intestino. Los TC parecen reducir la tasa de fermentación provocando efectos sobre el llenado del rumen (Waghorn et al; 1997), hasta situaciones más severas en las que se reduce la digestión de la fibra y del nitrógeno. También pueden reducir la digestibilidad de las células de la pared por adherirse a enzimas bacterianas o por formar complejos indigestibles con carbohidratos estructurales (Reed, 1995).

Experimentalmente estos efectos pueden revertirse cuando se le suministra PEG (propilenglicol) a la dieta de los animales afectados que actúa acomplejando los

taninos de la dieta y evitando que estos se unan a las proteínas, siempre que se realice dentro de los treinta minutos posteriores a la formación de los complejos.

### **Efectos sobre el crecimiento animal.**

El crecimiento animal es una medida indirecta del total consumido y la disponibilidad de nutrientes de la dieta. En animales que fueron alimentados con Acacia siberiana y Acacia lotica, con elevadas concentraciones de TC en su composición, se observaron efectos negativos en cuanto a crecimiento, presumiblemente originado por una combinación de un consumo reducido con una baja digestibilidad de proteína. Sin embargo, además de los efectos ya mencionados existe una correlación positiva entre la concentración de taninos y la hormona de crecimiento (GH), que aumenta la retención de Nitrógeno por un lado y el "turnover" de los lípidos por el otro. Cuando los complejos taninos proteínas se digieren, reaccionan con las proteínas de la pared del intestino y estimulan la secreción de (GH). Estos efectos pudieron revertirse con la administración de PEG, con afinidad por los taninos (Reed, 1995).

### **Efecto sobre la energía**

Los valores de energía metabolizable verdadera son más descriptivos que los de la energía metabolizable aparente. La razón es que los valores de EMV son corregidos por la pérdida de energía metabólica fecal y urinaria endógena. Esta corrección elimina las variaciones resultantes de las diferencias en consumo de alimento y pueden reducir algunas de las variaciones entre especies y líneas. Halley et al (1986) encontró que los contenidos de taninos en el sorgo afectan la energía metabolizable encontrando una correlación negativa entre ellas y con la biodisponibilidad de la energía metabolizable. Siendo consistente con los resultados obtenidos por (Torres, 1992) y (Reyes, 1991).

(Jaramillo 1991) encontró que los taninos ejercen una acción negativa sobre la energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno (EMVn) y relacionando estos resultados con el consumo de alimento determino, que el aumento del consumo es debido al menor contenido energético de los sorgos con altos contenidos de taninos y que especialmente afectan el crecimiento en la etapa de debido probablemente también a una disminución en el aporte proteico.

### **Desactivación del tanino**

La presencia de taninos puede reducir la eficiencia alimentaria hasta un 30% en aves y porcinos, pero hay varios métodos físicos y químicos que permiten minimizar sus efectos anti nutricionales.

Una técnica es la de suplementar con proteína adicional, como por ejemplo alfalfa o subproductos de la industria aceitera y de la fermentación. El agregado de proteína a la dieta sirve principalmente como agente ligador para los taninos.

También puede desactivárselo utilizando los aparatos desactivadores de soja por vapor. En este caso, los granos una vez calentados y humedecidos pasan por unos rolos que los aplastan formando copos u hojuelas. Esta operación rompe la estructura del grano, favoreciendo la acción de los jugos digestivos.

Consiste en agregar la urea en una proporción del 3% de la cantidad del grano, y la cantidad necesaria de agua para reconstruir el grano a un nivel entre el 25 y el 30 % de humedad.

**CUADRO N. 1. DESACTIVACION DEL TANINO**

Usos	procedimiento	Resultado
Sorgo con tanino	Agregar 3% de urea	Desactivación del tanino
Silo de grano húmedo	Agregar 2% de urea	
Ración en feedlot	Moler 50% del grado	Aumento de la digestibilidad

También puede cosecharse anticipadamente, cuando el grado tiene alrededor del 28% de humedad e incorporar la urea al grano húmedo en la proporción

mencionada, almacenándolo en un silo abierto pero protegido de lluvia. Debe cuidarse que la urea no contenga nitratos o nitritos, ya que son tóxicos para los animales.

El sorgo con tanino, tratado con urea, puede utilizarse en la alimentación tanto de monogástricos como de rumiantes, ya que alcanzan un valor nutricional similar al del maíz, sin problemas de toxicidad y con bajo costo, evitando la molienda del grano (Viarural, 2012).

### **Sorgo blanco (bajo en taninos – 0.4 %)**

El sorgo es el único cereal en el que ciertas variedades son capaces de sintetizar cantidades relativamente altas de taninos condensados, que se localizan principalmente en el pericarpio. Estas sustancias están compuestas por polímeros de unidades de catequina unidas por enlaces débiles C-C, y son capaces de unirse y precipitar proteínas en medio acuoso. Las variedades ricas en taninos (de color pardo) son cultivadas en zonas áridas por sus ventajas agronómicas: resistencia a la sequía, pájaros, insectos e infección por hongos. Todas las variedades de sorgo contienen ácidos fenólicos, y la mayoría flavonas, pero sólo los sorgos "marrones" contienen taninos condensados. Su principal efecto sobre el valor nutritivo es reducir la utilización digestiva de los aminoácidos. Los taninos son parcialmente absorbidos en la pared intestinal y parecen requerir un suplemento de metionina para ser metabolizados y excretados en la orina. Por otra parte, la absorción de taninos se ha relacionado con alteraciones en la matriz orgánica de los huesos que dan lugar a problemas de fracturas. Las variedades de grano amarillo (sorgos blancos, <0,25% taninos) son las más utilizadas en alimentación animal, y a ellas corresponden los valores del cuadro adjunto. Su valor nutritivo es notablemente superior al de las variedades ricas en taninos, del orden de un 5-10% en valor energético y de un 10-15% en digestibilidad de la proteína. El valor nutritivo de los sorgos blancos procesados por calor es de un 93-95% tomando como referencia al grano de maíz (Reyes, 1991).

El grano está compuesto por un 6, 84 y 10 % de pericarpio, endospermo – aleurona y germen, respectivamente. Más de la mitad del endospermo es de tipo corneo, que se caracteriza por un menor tamaño de los gránulos de almidón, y por estar estos envueltos estrechamente por una matriz proteica de tipo continuo, compuesta de glutelinas y prolaminas altamente insolubles. Como consecuencia, el sorgo es el cereal más resistente a la fermentación microbiana y en el que más se valoran, en rumiantes, los métodos de procesado que permiten romper la estructura del endospermo, facilitando la digestión de la proteína y del almidón. El contenido medio de almidón del grano de sorgo es de un 64.8%. En variedades comerciales la relación amilosa: amilopectina es de 20:80. En el caso de variedades de tipo céreo, la proporción de amilopectina alcanza el 100%. Estas últimas son más digestibles, como consecuencia de que las moléculas de amilopectina, más grandes y ramificadas, resultan más susceptibles a la ruptura de los enlaces entre las cadenas de glucosa cuando el grano se fractura. El sorgo contiene también pequeñas cantidades de monosacáridos libres, sacarosa y oligosacáridos. La fracción fibrosa (8% FDN) está muy poco lignificada (0,7% LAD) y está compuesta principalmente de celulosa, hemicelulosa y pentosas el sorgo tiene un apreciable nivel de grasa (3%), aunque inferior al del maíz. Su contenido de ácido linoleico es también inferior y carece de xantofilas (Reyes, 1991).

### **Taninos en sorgo café**

Los sorgos café presentan altos tenores de taninos, lo cual les proporciona como ventajas la resistencia a pájaros y a algunas plagas, sin embargo, reducen el valor nutricional del grano para las aves. Las informaciones sobre el contenido de estos compuestos es aún incierta, principalmente en la literatura, donde los sorgos café tienen sólo estimaciones sobre su contenido de taninos. Estos compuestos afectan también la ganancia de peso y la conversión de alimentos. En el aspecto nutricional, los taninos reducen la disponibilidad de metionina, necesitando de la suplementación de este aminoácido, mientras para las proteínas los valores de digestibilidad varían de 45.5 a 66.7% en comparación con 89.9% de los sorgos bajos en taninos. Por otro lado, la presencia de taninos combinada con

micotoxinas puede determinar reducciones significativas del comportamiento de las aves. Se sugiere, por tanto, como forma de disminuir los efectos perjudiciales de estos compuestos en raciones formuladas con sorgo café, la suplementación de metionina, no obstante, la utilización de niveles suplementarios de vitaminas y el uso de calentamiento en horno microondas, no mostró resultados positivos (López, 2000).

#### Valor nutritivo del sorgo

En los sorgos de alto tenor de taninos, la testa (porción externa del tegumento exterior), se presenta prominente y coloreada, violácea a marrón rojiza, por la presencia de estas sustancias, constituyendo un rasgo diferencial respecto de aquellos que no presentan tanino (testa incolora).

La presencia de taninos, si bien implica una ventaja agronómica (menor ataque de pájaros y mejor conservación en planta y durante el almacenamiento), desde el punto de vista nutricional representa una limitación, ya que reduce la eficiencia de alimentación entre un 10 y un 30%. La incidencia de los taninos en aves, cerdos y rumiantes puede tener efectos benéficos y perjudiciales.

Entre estos últimos se destacan:

- a-Anormalidades en huesos de aves.
- b- Colores indeseables en alimentos.
- c-Insolubilización y precipitación de las proteínas.
- d- Depresión de la digestibilidad de la materia seca.
- e-Depresión de la energía.
- F- Menor eficiencia.
- g-Disminución de la palatabilidad.

La capacidad de ligar o coagular las proteínas dietéticas y con ello reducir su digestibilidad, es quizá la propiedad de mayor implicancia biológica de este tipo de sustancia.

La cantidad de proteínas ligadas por el tanino, pueden llegar hasta 12 veces su peso. Esto significa que en sorgos con alto tenor de taninos, éste puede precipitar

más proteína que la contenida en el grano. Se ha sugerido que pueden inhibir proteínas endógenas (del animal), como las enzimas microbianas o digestivas alterando los procesos digestivos. Sin embargo las evidencias no son contundentes. En cuanto a la proporción de tanino en el grano, son frecuentes los valores de 2.1 a 3.1% como equivalente catequina, aunque se han detectado valores extremos de 19.0%. Con respecto al consumo, en general se acepta que no es deprimido por la acción de los taninos contenidos en el grano, aunque se han mencionado algunos casos.

En dietas con alta proporción de granos (70 a 80%), se ha detectado no sólo una reducción de la digestibilidad de la materia seca y proteína, sino un cambio en los sitios de digestión (rumen, intestino delgado, ciego y colon). En sorgos con alto tenor de taninos, el almidón si bien se digiere casi totalmente a lo largo del tracto gastrointestinal, lo hace mayormente en la porción del intestino delgado (duodeno). Esta ventaja energética estaría compensada por una menor degradación a nivel ruminal de la fibra, un hecho que puede ser negativo en dietas ricas en fibras como habitualmente consumen los vacunos en pastoreo (López, 2000).

#### Incremento del valor nutritivo del sorgo

Las limitaciones señaladas para el grano de sorgo con alto contenido de taninos, pueden superarse mediante una técnica sencilla como lo es la molienda o partido del grano. Éste es el método físico de mayor difusión en el país, cuyo propósito es romper el endosperma periférico para facilitar la degradación del grano. Comparativamente el grano entero tiene una digestibilidad de la materia seca del 38% contra un 77% del grano molido. Este procedimiento, aseguraría un mayor aprovechamiento del grano.

#### Valores ideales de taninos en sorgo

Estudios realizados por técnicos del INTA-Argentina, demostraron que éste es más específico que otros métodos descriptos, ya que determina los taninos

condensados del sorgo, que son los que afectan directamente la disponibilidad de energía en el alimento.

Si fuera necesario existen factores que se pueden aplicar para convertir valores obtenidos por un método y otro, dado que en la bibliografía pueden aparecer diferentes unidades de expresión de los resultados obtenidos analíticamente (López, 2000).

### **El sorgo con alto tanino permite una dieta balanceada**

En el Panel Ganadería Bovina especialistas abordaron cómo hacer recría/engorde con sorgo de alto tanino que estuvo a cargo de tres disertantes entre ellos, el técnico de INTA Bordenave, Aníbal Fernández Mayer, el responsable de Ganadería de Ser Beef S.A, Alejandro Sánchez y Alejandro Casaretto, gerente de Cresud y de Real Estate Agropecuaria. La cita fue en el XIX Congreso de Aapresid Inteligencia Colaborativa que se está realizando en Rosario en el Centro de Convenciones Metropolitano del 17 al 19 de agosto (Días, 2011).

Para el engorde, el técnico de INTA Bordenave Aníbal Fernández Mayer destacó que, “el sorgo con alto tanino permite lograr una dieta balanceada”. En esta línea, confirmó que “durante los ensayos en el sudoeste de Buenos Aires y la Pampa pudieron comprobar que en el análisis químico del silaje de sorgo granífero, los niveles de digestibilidad son de más de 70%” y remarcó, “el grano de sorgo con altos taninos mejora la productividad y los resultados económicos”. Uno de los puntos que repasó en el auditorio fue que “el grano de maíz sobre el sorgo es muy discutida cuando se habla de suplantación, en realidad sólo se habla de maíz como no existiera otro grano”, criticó (Días, 2011).

“En el ensayo de engorde, el tema de los taninos está cambiando, se ha creado un mito de efectos de parámetros pero los resultados reflejan que hay ganancias de



1,3 kilogramos por día. Hasta el 4% no hay efecto de taninos en la carne”, informó el técnico del INTA(Días, 2011).

### **Beneficios del sorgo con tanino en la dieta bovina**

La ganadería volvió a resurgir durante el último año y los productores buscan alternativas en la dieta para intensificar la producción, tratando de agregar más kilos de carne en menor cantidad de tiempo. En este sentido, Aníbal Fernández Mayer, técnico de Inta Bordenave, disertó en el XIX Congreso Aapresid en el panel Ganadería Bovina sobre cómo hacer recría/engorde con sorgo de alto tanino(Ocampo, 2000).

El tema de los taninos está cambiando, hay que desmitificar el uso, se ha creado un mito de efectos negativos. Sólo se habla de maíz como si no existiera otro grano”, señaló el técnico. Y agregó que antes el sorgo con alto tanino era el malo de la película y ahora está cambiando ese parámetro. “Durante mucho tiempo, al sorgo se lo desvalorizó”, apuntó. Durante los ensayos en el sudoeste de Buenos Aires y La Pampa, especificó Fernández Mayer, comprobaron que en el análisis químico del silaje de sorgo granífero, los niveles de digestibilidad pueden ser mayores al 70%. “Además mejoran la productividad y los resultados económicos para los ganaderos”, sostuvo. En este punto, resaltó los beneficios de la implementación del sorgo con alto tanino. “En Inglaterra, se descubrió que el sorgo con alto tanino actúa como tratamiento de antiparasitarios naturales, reduciendo los mismos entre un 30 y 40%. Además reconstruye los tejidos del intestino del animal”, destacó(Ocampo, 2000).

Otra de las bondades que subrayó el técnico del Inta es el mejoramiento en el uso de la energía del alimento, reduciendo la formación del metano. “También cuando el animal consume un exceso de urea puede llegar a morir. Por lo que el sorgo con alto tanino produce una menor cantidad de amoníaco en el rumen”, señaló Mayer, describiendo otra de las características de este cultivar. Señaló que la ganancia de peso con sorgo en base pastoril es de 1 kilo/

animal/día. “Para los forrajes en la nutrición a corral, tanto maíz, sorgo, cebada, avena y trigo, puede haber ganancias de 1,3 kilogramo por día. Mayer hace 30 años que viene trabajando y en base a análisis afirmó que el silaje de maíz no es de mejor calidad que el silaje de sorgo granífero. Pero aclaró que como grano, el maíz es entre un 5 y 8% superior al grano de sorgo. “Pero no como muchos dicen, que es superior entre el 15 y 20%”, remarcó(Ocampo, 2000).

### **Taninos y fenoles del sorgo**

Todos los sorgos contienen fenoles que pueden afectar el color, apariencia y calidad nutritiva del grano. Los componentes de los fenoles se dividen en tres grupos: ácidos fenólicos, flavónicos y taninos.

Las ventajas agronómicas del sorgo café están acompañadas de factores anti nutricionales, ya que los taninos al unirse a las proteínas, las precipitan reduciendo el valor nutritivo del grano, es importante tener en cuenta que existe suficiente cantidad de taninos en el sorgo café para precipitar más proteína de la que contiene el mismo grano. La formación y la estabilidad del complejo taninos-proteínas se debe principalmente a las uniones de hidrógeno y a las interacciones hidrofóbicas. Los taninos se adhieren con mayor fuerza a las proteínas más importantes y a las proteínas con alto contenido de prolina. Conforme aumenta la concentración de taninos en el sorgo, el contenido de EM disminuye de 3,200 hasta 2,834, y el aprovechamiento de los aminoácidos se reduce de 94 a 60%, los taninos tienen una alta afinidad para unirse a las proteínas, con las que interactúan por uniones de hidrógeno, asociación hidrofóbicas o por enlaces covalentes; por esta razón las variedades de sorgo café tienen una eficiencia nutritivamente el 10 al 30% en comparación al amarillo. El grado de afectación estará influenciado por la especie animal y programa de alimentación entre otras variantes. Los taninos afectan la digestibilidad de las proteínas y disminuyen la actividad de las enzimas digestivas, por ello la retención de nitrógeno y digestibilidad de aminoácidos esenciales, además se sospecha que los taninos forman complejos con otros compuestos como los polisacáridos, aminoácidos,

ácidos grasos y ácidos nucleicos (Gualteri y Rapaccini, 1990). La presencia de niveles altos de taninos en la dieta pueden promover afecciones en el sistema locomotor, ya que posiblemente funcionan como quelatantes de minerales en el tracto digestivo o incluso directamente en la matriz ósea. La cantidad de taninos puede disminuir, comprobándose mediante análisis, pero las respuestas obtenidas mediante pruebas in vivo no siempre demuestran que los efectos anti nutricionales hayan sido completamente eliminados, a pesar de que el nivel de taninos haya sido reducido. Esto se debe a que los taninos se adhieren a las proteínas del grano durante el proceso, lo que ocasiona la insolubilidad de los mismos, por lo que no pueden extraerse, y por lo tanto medirse; por ello los procesos de detoxificación necesitan acompañarse de pruebas biológicas, para poder reevaluar el valor nutritivo del grano con alto contenido de taninos (López, 2000).

Aún cuando los procesos de detoxificación (formaldehidos, amoníaco, álcalis o combinaciones) tienen éxito, al añadir los costos de este proceso, se encarece el grano.

La estructura de los sorgos varía dependiendo del contenido de taninos. El sorgo con alto contenido de taninos siempre tiene una testa gruesa, pigmentada localizada debajo del pericarpio, esta testa es morada o café rojiza, y varía de espesor, pudiendo detectarse fácilmente al raspar la superficie de la semilla.

Durante el desarrollo de la semilla, la testa se forma desde el tegumento interior, el cual en un principio contiene un pigmento (supuestamente los taninos). Las células remanentes del tegumento interior, se encuentran algunas veces en sorgos que no tienen testas pigmentadas. A este tejido se le llama testa des pigmentada porque no contiene pigmentos ni taninos (López, 2000).

Todas las semillas de sorgo con testa pigmentada se clasifican como sorgo café según los reglamentos del USDA.

El sorgo café puede distinguirse de los otros sorgos, por medio de la prueba de coloración con cloro, que es relativamente sencilla y consiste en la utilización de

una muestra del grano (15 g), a la que se le adiciona 15 g de hidróxido de potasio y 70 ml de NaOCl al 5% en un matraz “Erlenmeyer”, que se calienta en “baño María” durante 10 minutos agitando ocasionalmente, posteriormente se enjuagan completamente y son secados por absorción. Esta prueba es el mejor método disponible para determinar el porcentaje de semillas cafés en una muestra de sorgo (López, 2000).

Las semillas con testa pigmentada se vuelven negras, y aquellas sin testa pigmentada conserva un color claro. Los sorgos sin testas pigmentadas no contienen taninos condensados y tienen un valor nutritivo aceptable, son erróneamente llamados sorgos con bajo contenido de taninos. En realidad estos sorgos no contienen ningún tanino. Los valores de bajo contenido de taninos se obtienen cuando los fenoles sin tanino reaccionan con la vainillina. La pigmentación del pericarpio y la testa del sorgo se deben a los componentes fenólicos. Se supone que el color y los fenoles del sorgo son controlados por la combinación de los genes R,Y, I, B1, B2 y S. El gen Y se considera como el gen básico debido a la síntesis del esqueleto flavonoide de los ácidos fenólicos.

La intensidad del color café del pericarpio depende del color genético del pericarpio (blanco, amarillo limón o rojo). El gen que se manifiesta, controla la presencia de pigmentos y de los posibles taninos en el pericarpio. Cuando S es dominante, más fenoles y taninos se presentan en el pericarpio y en las capas de la testa. El Sorgo amarillo por lo tanto puede contener en el pericarpio colores rojo, amarillo, blanco, rosa y otras variaciones, pero el color del pericarpio no afecta el valor nutritivo. El sorgo café puede parecer blanco o rojo, pero es relativamente fácil detectarlo por la testa pigmentada. Esto ha conducido a la clasificación de los sorgos cafés dentro del tipo II, para aquellos con una testa pigmentada por el gen manifestado (B1-B2-S) (López, 2000).

Los sorgos del tipo III tienen la mayor resistencia a los pájaros y el más alto contenido de taninos, algunos científicos han sugerido que el tipo II de los sorgos cafés contienen taninos durante la maduración (lo cual ocasiona resistencia a los

pájaros) y que los taninos desaparecen después de la madurez y no afectan adversamente el valor nutritivo. A pesar de que estos conceptos son interesantes, no están generalmente aceptados (López, 2000).

Las normas del Servicio Federal de Inspección, para el sorgo, especifican sorgos amarillos, blancos, cafés y clases mezcladas; casi todos los sorgos en el mercado de Estados Unidos son amarillos, los cuales pueden consistir de sorgo con algún color en el pericarpio siempre y cuando no contenga más del 10% de semillas contesta pigmentada (las clases mezcladas de sorgo pueden contener más del 10% y menos del 90%de sorgo café). Los taninos (proantocianidinas) también se miden por su habilidad para precipitar las proteínas o para inhibir las enzimas. Estos tipos de ensayos, están más relacionados con el valor nutritivo del grano. Ninguno de los métodos analíticos da medidas precisas de la cantidad real de taninos condensados en el sorgo. Los estándares comúnmente usados, no proporcionan el mismo aspecto de absorción como lo hacen los taninos puros de sorgo. En el mercado de los sorgos, el método más práctico es el de usar la prueba de decoloración para determinar si hay sorgos cafés, entonces el método de vainillina-CHI puede usarse para determinar los niveles relativos de taninos contenidos en las muestras (López, 2000).

La información sobre el contenido de taninos es confusa, porque todos los sorgos tienen ácidos fenólicos, flavonoides y sus ésteres, algunos de los cuales pueden causar una respuesta positiva en los análisis de taninos. No hay valores absolutos en la literatura, por lo que deben usarse solamente como estimaciones relativas para comparar los niveles de taninos entre las variedades de sorgos cafés. Las semillas de sorgo sin una testa pigmentada no tienen taninos condensados, pero los valores para los equivalentes de las catequinas se reportan en la literatura. Estos valores son originados por componentes flavonoides sin taninos que reaccionan con la vainillina, bajo condiciones ácidas. La mayor parte de esta absorción puede quitarse usando blancos apropiados durante los análisis (López, 2000).

## **Evaluación del contenido de taninos en híbridos de sorgos granífero.**

Todos los granos de sorgos, en mayor o menor medida, tienen sustancias tánicas polifenólicas. Algunos solo tienen polifenoles solubles o hidrolizables (ácidos gálico y elágicos), y otros además de estos poseen taninos condensados (catequinas, flavonoides, etc.). Estos últimos están ubicados en la testa o cubierta seminal y, de acuerdo al grosor de esta, va a variar su contenido. Los taninos son compuestos que la bibliografía señala como los responsables de la mayor o menor preferencia de los pájaros a los granos de sorgo (entre otras cosas generan astringencia) (Massigoge et al; 2008).

Por otro lado, desde hace tiempo existen numerosos trabajos que relacionan la presencia de estas sustancias con una menor calidad nutritiva del grano de sorgo (sobre todo en no rumiantes) al formar complejo con las proteínas lo que disminuye su digestibilidad. Muchos de esos trabajos demuestran la conveniencia del procesado del grano para mejorar el aprovechamiento del mismo, con el cual en muchos casos se obtuvieron resultados muy similares al del grano de maíz, por ejemplo. Mas recientemente algunas investigaciones les estarían encontrando a los taninos algunas propiedades benéficas para la producción animal (como aumento de las proteínas pasantes, mayor reconstitución del epitelio intestinal dañado por parásitos, reducción de la postura de huevos de los parásitos, reducción de los valores de amonio en rumen, etc.).

Las empresas proveedoras de semilla de sorgo ofrecen numerosos híbridos con distinto contenido de tanino que el productor puede seleccionar de acuerdo a sus necesidades y preferencias como por ejemplo, riesgo al daño de pájaros en su zona, momento de cosecha, destino de la producción, por ejemplo para alimentación animal o venta, y en este último caso el mercado al que esta destinado el grano y las exigencias de los demandantes, entre otros aspectos.

Por otra parte, el color del grano de sorgo está relacionado con varios factores o características morfológicas del mismo, como por ejemplo, color y espesor del pericarpio, color del endosperma, presencia o ausencia de ciertos genes, y

existencia o no de la testa que contiene a los taninos, por lo que estos últimos no son los únicos responsables del color del grano, sino que esta característica es la resultante de varios factores (Massigoge et al; 2008).

En la Chacra Experimental Integrada Barrow (MAA-INTA) y en la Chacra Experimental de Pasman (MAA) se están conduciendo ensayos de híbridos de sorgo granífero para evaluar su comportamiento. Uno de los objetivos es evaluar el contenido de tanino. Para ello se utilizó el método de Folin Ciocalteu. Esta técnica determina polifenoles totales, es decir, que incluye tanto los taninos condensados como los no condensados (e inclusive pequeñas cantidades de otros polifenoles que pudiera contener). En el cuadro N° 1 puede observarse el contenido de polifenoles de los materiales que participaron en el año 2007/8, como así también el color del grano.

De estos ensayos surgen algunas conclusiones. El rango de contenido de taninos varió entre menos de 50 mg./100 gr. (0,05 %) a 1432 mg. (1,4 %), con un promedio de 558 mg. (0,5 %). El color no es un indicador muy preciso del nivel de taninos, además de estar fuertemente afectado por la subjetividad del observador (especialmente en el límite entre rojos y marrones). En esta experiencia, los sorgos de granos blanco y rojo tuvieron bajos polifenoles y los de grano marrón en general son de alto nivel de taninos (aunque hay algunos con valores intermedios e inclusive bajos)(Massigoge et al; 2008).

Cuadro N° 2.- CONTENIDO DE POLIFENOLES Y COLOR DEL GRANO DE 36 HÍBRIDOS COMERCIALES Y PRE COMERCIALES DE SORGO GRANÍFERO EVALUADOS EN LA CAMPAÑA 2007/8.

Semillero	Híbrido	Color de Grano	Polifenoles <sup>1</sup>
Aca	ACA 545	Marrón	1432
Aca	ACA 546	Rojo	69
Aca	ACA GR 118	Marrón	523
Aca	ACA GR 210	Marrón	1136
Aca	ACA 561	Marrón	1031

Advanta	VDH 206	Marrón	309
Advanta	VDH 303	Rojo	182
Advanta	VDH 305	Marrón	< 50
Advanta	VDH 314	Marrón	396
Alianza Semilla	AS GR	Marrón	697
Caverzasi	COX 2701 t	Marrón	1408
Caverzasi	COX 2702 t	Marrón	754
Caverzasi	COX 2703	Marrón	733
Caverzasi	COX 2704 t	Marrón	533
Caverzasi	COX 2705 bc	Blanco	< 50
Dow Agro	MS 102	Rojo	125
Dow Agro	MS 110	Rojo	239
Dow Agro	DASS 5000	Rojo	< 50
El Sorgal	MANA	Blanco	140
El Sorgal	X 11088	Marrón	989
GAPP	X G8	Marrón	656
KWS	ENERGIA	Marrón	736
La Tijereta	TS 281	Marrón	1040
La Tijereta	TS 265	Rojo	185
Monsanto	DK 37	Rojo	76
Monsanto	DK 51	Rojo	< 50
Monsanto	DK 52	Rojo	197
Monsanto	DK 61	Marrón	656
Monsanto	DK 68	Marrón	806
Nidera	A 9735 R	Rojo	144
Nidera	A 9758 M	Marrón	502
Pannar	GR 80	Marrón	1023
San Pedro	PAMPA 47	Marrón	1038
San Pedro	PUELCHE 57	Marrón	1003
San Pedro	RANQUEL 67	Marrón	1022
San Pedro	DPC 066 b	Blanco	97
Promedio			558

1 mg de ácido tánico equivalente/100 g de grano de sorgo por el método de Folin Ciocalteu en el Laboratorio del Área de Estudios Físicoquímicos del Instituto de Tecnología de Alimentos de la Facultad de Ingeniería Química de la UNL (Sta. Fe)(Massigoge et al, 2008).



## **Determinación de taninos en sorgo - método de prueba.**

### 1 Objetivo y campo de aplicación.

Esta Norma Mexicana establece el procedimiento para la determinación de taninos en sorgo.

Esta norma Mexicana es aplicable a sorgo y mijo.

### 2 Fundamento

Se basa en la formación de un complejo de azul de Prusia (ferricianuro ferroso) el cual puede ser detectado visualmente. La intensidad del color del complejo formado corresponde a la concentración de taninos y otros polifenoles presentes.

### 3 Material y equipo

- . Probeta de 50 cm<sup>3</sup>;
- . Pipetas graduadas de 5 cm<sup>3</sup>;
- . Matraces Erlenmeyer de 125 cm<sup>3</sup>;
- . Tubos de ensaye;
- . Tapones para tubos de ensaye;
- . Gradilla;
- . Balanza granataria, sensibilidad de 0,1 g, y
- . Molino.

### 4 Reactivos

- . Solución de cloruro férrico 0,008 M en ácido clorhídrico 0,008 N;
- . Ferricianuro de potasio 0,003 M.
- . Ácido clorhídrico 0,1 N, y
- . Agua destilada.

## 5 Procedimiento.

5.1 Moler el grano.

5.2 Pesar 2 g aproximadamente.

5.3 Colocar en un matraz Erlenmeyer de 125 cm<sup>3</sup>.

5.4 Adicionar 50 cm<sup>3</sup> de agua destilada.

5.5 Agitar rotatoriamente durante aproximadamente de 3 min a 4 min.

5.6 Dejar sedimentar durante cuatro minutos aproximadamente.

5.7 Tomar una alícuota de 1 cm<sup>3</sup>.

5.8 Colocar en un tubo de ensaye.

5.9 Adicionar 1 cm<sup>3</sup> de la solución de cloruro férrico y 1 cm<sup>3</sup> de la solución de ferricianuro de potasio.

5.10 Mezclar.

5.11 El color se desarrolla en un minuto.

## 6 Expresión de resultados.

CuadroNº. 3. EVALUACION DE TANINOS POR SU COLOR Y CONTENIDO.

Color	Código pantone Aproximado	contenido de taninos	Calificación
Azul oscuro	2935C	Alto	1
Azul	300C	Alto	2
Turquesa	322C	Moderadamente alto	3
Verde oscuro	357C	Moderadamente alto	4
Verde	369C	Intermedio	5
Verde Limón	376C	Bajo	6

(NOM-008-SCFI-2002).

### **Tratamientos para reducción de tanino en los cultivares de sorgo**

Para la reducción de los taninos algunos investigadores han empleados medios físicos y químicos para tratar los granos, extracción de los taninos y la evaluación del comportamiento de las aves alimentadas con estos granos, los tratamientos

comprenden lavados con soluciones de hidróxido de sodio, otros mediante la ebullición de los granos en una solución de hidróxido de sodio más hidróxido de potasio logrando mejorar la digestibilidad de un 48% a 71% bajo condiciones similares el bicarbonato de sodio remueve un 77% de los taninos. Los taninos también pueden ser removidos por soluciones de amonio manteniendo a temperatura ambiente por 7 días (Latorre et al. 1998).

El remojo de semillas elimina gran cantidad de taninos hasta un 87% mejorando el proceso de adición de carbonato de sodio. La remoción de los taninos por molido o tratamientos físicos o abrasivos mecánicos de las cubiertas de las semillas, pero este proceso ocasiona considerables pérdidas de proteína, este procedimiento alcanza una 68% a 99% por la separación de las cubiertas, el descascarado mejora la digestibilidad de las proteínas y del hierro, los taninos forman complejos con los minerales. Los grupos carboxilo y /o hidroxilo de los polifenoles forman complejos con los metales catiónicos, estos complejos se disocian a diferentes valores de pH, las sales minerales de ácido tánico precipitan a medida que se incrementa el pH. Este proceso es reversible es decir que el precipitado inicial se disuelve a medida que el pH desciende, Rozo investigó el efecto de los polifenoles en la absorción del hierro, el análisis de los resultados reveló que la presencia de estos compuestos orgánicos disminuía considerablemente la absorción de hierro (Rozo, 1995).

### **Análisis químico de los taninos**

La cantidad y el tipo de taninos sintetizados por las plantas varía considerablemente dependiendo de múltiples factores tales como especie de la planta, parte de la planta, cultivar, tipo de tejido, estado de desarrollo y condiciones ambientales. Por esta razón el estudio de los efectos nutricionales de los taninos sobre los animales requiere de la cuantificación de los taninos presentes en una particular dieta. Debido a la complejidad de los taninos se han desarrollado una serie de métodos para su cuantificación no existiendo hasta ahora ninguno que sea completamente satisfactorio.

Preparación y manejo de la muestra: Los granos se deben limpiar para eliminar impurezas y materiales extraños, moler las muestras usando un tamiz de 0.4 mm, el mismo día de realizar el análisis.

Extracción de la muestra: los taninos son extraídos por solventes orgánicos acuosos, 70% de acetona y 30% de agua son más efectivos extractantes que los solventes alcohólicos. La acetona inhibe la interacción taninos proteína.

Este es un limitante en las pruebas de precipitación de proteínas en muchas plantas hay una gran fracción o parte (algunas veces mayor del 59%) de los taninos que no pueden ser extraídos (taninos insolubles) estas fracciones inextractables ( no pueden ser ignoradas ) por sus efectos anti nutricionales.

Aislamiento y purificación de la muestra: Los taninos deben ser purificados de compuestos fenólicos de bajo peso molecular y pigmentos presentes en los extractos de las plantas(Latorre et al; 1998).

## **ANÁLISIS QUÍMICO**

Los análisis de los taninos pueden ser divididos en: colorimétrico, gravimétricos, precipitaciones proteicas y mixtas.

### **MÉTODO COLORIMÉTRICOS**

Método folin. Dennis 1915 y sus modificaciones (método folin. Crocaltean).

La reacción se basa en la reducción del ácido fosfomolibdico por los fenoles en un álcalis acuoso.

El método determina la totalidad de grupos fenólicos libres y por consiguiente este método determina la totalidad de fenoles solubles tanto taninos hidrolizados como taninos condensados (Proantocianidinas). Estos métodos no discriminan entre taninos y compuestos fenólicos diferentes a los taninos y/o entre estos y otros materiales fácilmente oxidados.

Compuestos de interferencia tales como ácido ascórbico, tirosina y posiblemente la glucosa son también medidos (Latorre et al; 1998).

## **MÉTODO BUTANOL ÁCIDO (BUTANOL HCL).**

Específico para taninos condensados o proantocianidinas. Reacciones tipo endo. El método comprende la catálisis ácida (HCl) de polimerización de taninos condensados en butanol dando un producto antocianidina roja que puede ser detectada por medio del espectrofotómetro. Dentro de los problemas están los polímeros de los taninos son divididos en dímeros o trímeros en lugar de monómeros y esto conduce a una subestimación.

El grado de polimerización de los taninos condensados puede ser estimado mediante la combinación del método de butanol ácido con el de vainillin. El método de butano ácido mide la totalidad del número de flavonoides presentes del polímero lo que da lugar a la producción de antocianinas y el método del vainillin mide el número de moléculas.

El método de Butanol ácido es también usado para estimar la cantidad de taninos insolubles de residuos de extracción o de NFD. Como principal problema que se presenta no todos los pigmentos rojos se disuelven resultando en una subestimación de los taninos (Latorre et al; 1998).

## **MÉTODO VAINILLIN HIDROCLORURO (VAINILLIN HC)**

Reacción tipo exógena vainillin reacciona con el sustituto meta un anillo de flavonoides para formar un cromóforo, el número de flavonoides es proporcional a la absorbencia de la solución problema.

Los flavonoides de bajo peso molecular sobre reaccionan y los grandes polímeros subreaccionan. Los equivalentes de catequín son utilizados como estándar. Este monómero de la densidad aplica máxima conduciendo a la subestimación de grandes polímeros.

El método de la vainillina es específico para flavanoles permitiendo determinar selectivamente los taninos condensados en presencia de taninos hidrolizables y otros compuestos fenidicos. De esta manera la catequina y la coecatequina pueden ser medidas (Waterman, 1994).

### **MÉTODO RHODANINE**

Método analítico específico para galotaninos, un tipo de taninos hidrolizables no para taninos condensados. La muestra esta sujeta a hidrólisis para liberar el ácido gálico y el tinte de Rhodanina produce un color intenso el cual puede ser medido por espectrofotometría (Waterman,1994).

### **MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE ELLAGITANINOS**

Método específico para ellagitaninos otros taninos hidrolizables. La muestra debe ser sujeta de hidrólisis para la liberación de ácido ellágicos. La reacción entre ácido ellágicos y el nitrato de sodio produciendo una solución coloreada la cual puede ser medida espectrofotométricamente (Waterman, 1994).

### **MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS**

Método gravimétrico con Ytterbium determina solo taninos solubles presentes en extractos de plantas, taninos insolubles no son medidos. Basados en la habilidad del Ytterbium trivalente de precipitar polifenoles de extractos de plantas. Ventajas no requiere de estándares. El precipitado puede ser fácilmente disuelto con ácido oxálico para producir una solución de polifenoles y un Yb.osxalato insoluble. La solución puede ser usada para posteriores análisis (análisis colorimétricos, cromatografía y estudios inhibitorios). Como desventaja se tiene no todos los polifenoles precipitan y baja repetitividad en plantas con bajos niveles de taninos (Makkar et al; 1995).

### **MÉTODO GRAVIMÉTRICO CON PVP**

Determina solo taninos solubles presentes en extractos de plantas, taninos insolubles no son medidos, polivinilpirrolidona bloque los taninos

irreversiblemente. Este método no es muy sensible y tiende a subestimar los taninos (Makkar et al, 1995).

### **MÉTODO DE PRECIPITACIÓN DE PROTEÍNAS**

Este método está más estrechamente relacionado con los efectos biológicos de los taninos. Permite determinar la cantidad de taninos que precipitan en presencia de una proteína estándar, estableciendo la actividad biológica a través de la proteína precipitada por los taninos mediante el complejo formado proteína - taninos. Diferentes factores influyen en la formación de estos complejos. Como son peso molecular y heterogeneidad en la estructura del polímero, en cuanto a las proteínas peso molecular, composición de aminoácidos, grado de glucosilación y las condiciones de la reacción como son pH temperatura, tiempo de la reacción, y concentración de los compuestos reaccionantes(Makkar et al; 1995).

### **MÉTODO DE DIFUSIÓN RADIAL**

Este método depende de la formación de un complejo entre los taninos y la albúmina de suero bovino embebidas en agar. Un extracto de la planta es colocado en un pozuelo del agar, el extracto se difunde por el agar y precipita la albúmina, si se encuentran los taninos presentes, en este caso un círculo opaco es formado, el diámetro del círculo es proporcional a la cantidad de taninos en el extracto. Es necesario disponer de estándares para estimar la cantidad de taninos. Los estándares más comunes son de ácido tánico y los resultados son expresados en equivalentes de ácido tánico. Este método tiene la ventaja de permitir determinar un gran número de muestras con un laboratorio limitado en facilidades, dentro de sus desventajas tenemos la dificultad para la cuantificación que se puede tener por los métodos calorimétrico(Latorre et al; 1998).

## **Conclusión.**

Los taninos reducen el consumo voluntario disminuyendo la palatabilidad y afectando negativamente la digestión.

Palatabilidad es reducida porque los taninos son astringentes esta es la sensación causada por la formación de complejos entre taninos y la glicoproteínas de las glándulas salivares.

La baja palatabilidad deprime el consumo de los alimentos y la productividad del animal. La digestibilidad influye negativamente reduciendo el consumo, porque los efectos del llenado intestinal asociado con la indigestibilidad de los nutrientes, varios estudios reportan altos consumos de alimento y ganancias de peso cuando las dietas libres de taninos son comparadas con dietas que si los contienen.



## Recomendaciones.

Someter a un análisis químico, el forraje antes de ser alimentados los animales.

Los métodos que podrían usar serian:

- **Método de butanol ácido:** El método de Butanol ácido es también usado para estimar la cantidad de taninos insolubles de residuos de extracción o de NFD. Como principal problema que se presenta no todos los pigmentos rojos se disuelven resultando en una subestimación de los taninos.
- **Método de precipitación de proteínas:** Permite determinar la cantidad de taninos que precipitan en presencia de una proteína estándar, estableciendo la actividad biológica a través de la proteína precipitada por los taninos mediante el complejo formado proteína - taninos.

## Tratamientos.

Para la reducción de los taninos algunos investigadores han empleados medios físicos y químicos para tratar los granos, extracción de los taninos y la evaluación del comportamiento de las aves alimentadas con estos granos, los tratamientos comprenden lavados con soluciones de hidróxido de sodio, otros mediante la ebullición de los granos en una solución de hidróxido de sodio más hidróxido de potasio logrando mejorar la digestibilidad de un 48% a 71% bajo condiciones similares el bicarbonato de sodio remueve un 77% de los taninos. Los taninos también pueden ser removidos por soluciones de amonio manteniendo a temperatura ambiente por 7 días (Latorre etal. 1998).

## Literatura citada

Angara, a. a. and adogla-bessa, t. 1999.dry matter degradation, tannin and crude protein contents of some indigenous browse plants of botswana. arch. zotec. 48: 79-83.[http://www.agro.unlpam.edu.ar/catedras-pdf/sustancias\\_fenolicas.pdf](http://www.agro.unlpam.edu.ar/catedras-pdf/sustancias_fenolicas.pdf)

Barry T N and McNabb W C 1999 The Effect of Condensed Tannins in Temperate forages on Animal Nutrition and Productivity. In Tannins in Livestock and Human Nutrition, pp 30-35 [J D Brooker, editor].Canberra Australian Center for International Agricultural Research.<http://www.aciar.gov.au/>.

Buttler, Larry. 1990. Taninos en sorgo problemas, soluciones y oportunidades. Revista Asohuevo. Fenavi. Colombia Vol. IV(1): 10-13.

Carlos López Coello, 2000.los taninos en la alimentación de las aves comerciales Departamento de Producción Animal: Aves, FMVZ, UNAM, México 04510, DF – coelloca@servidor.unam.mx, (citado el 30 de mayo 2012.).  
<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/242/3352>

Días campos, 2011, el sorgo con alto tanino permite una dieta balanceada  
<http://www.diazdecampo.com/aapresid-2011/el-sorgo-con-alto-tanino-permite-una-dieta-balanceada> (citado el 01/06/12).

FEDNA (victor reyes lucas) (citado el 01/06/2012).  
[http://www.fundacionfedna.org/ingredientes\\_para\\_piensos/sorgo-blanco-bajo-en-taninos](http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/sorgo-blanco-bajo-en-taninos)

Hagerman A. E 1991. Tannin Analysis.University Oxford Ohio April 29 p.24.

Hipolito Isaza m J. Scientia Et Technica, abril, 2007/vol.XIII, numero033, universidad tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.Citado el 29 de mayo 2012.<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/849/84903303.pdf>

Jaramillo M. León a. Ángulo I y Pela M (1994). Valor nutricional de cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Miench) altos en taninos producidos en Venezuela. II Energía metabolizable. Zootecnia Tropical Vol. XII No. 1: 23-53.

Makkar HPS Blimmel M Becker K. 1995. Formation of complexes between Polyvinilpyrrolidone a poliyethireyglucols and tannins and their implication in germination and true digestibility in vitro techniques BR. J Nutrition 73:897-913.

Massigoge J. Martín Zamora y Ariel Melín. 2008. EEA INTA Chacra Barrow. Citado el 06-06-2012.  
[http://www.produccion\\_animal.com.ar/produccion\\_y\\_manejo\\_reservas/reservas\\_granos/19-taninos.pdf](http://www.produccion_animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_granos/19-taninos.pdf).

McNabb W C, Waghorn G C, Barry T N and Shelton I D 1993 The effect of condensed tannins on *Lotus pedunculatus* on the digestion and metabolism of methionine, cystine and inorganic sulphur in sheep. British Journal of Nutrition 70:647-661.

NOM-008-SCFI-2002 Sistema general de unidades de medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.

Ocampo 210 bls, predio CCT Rosario, (2000) rosario, santa Fe, argentina, beneficios del sorgo con taninos en la dieta, fuente infocampo. Citado el 04-06-2012. <http://www.bioceressemillas.com.ar/web/noticias/beneficios-del-sorgo-con-tanino-en-la-dieta-bovina/>

Reyes, Ramírez, Ramón, 1991. Evaluación y caracterización de los sorgos nacionales utilizados en la elaboración de alimentos balanceados para aves. Trabajo de grado. Facultad de agronomía de la UCV. Maracay, Venezuela.

Reed J D 1995 Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. Journal of Animal Science 73:1516-1528.

Reed J D, Soller H and Woodward A 1990 Fodder tree and straw diets for sheep: intake, growth, digestibility, and the effects of phenolics on nitrogen utilization. *Animal. FeedScience and Technology*. 30:39-50.

Rozo, De veléz. y García, L. A. 1995. Efecto de los polifenoles en la pulpa de café en la absorción de hierro . *Archivos latinoamericanos de Nutrición*. Vol. XXXV N°2 :287-295.

Sergio jose Latorre Ramirez, zootecnista cesar agosto calderón Araque. Bucaramaga, julio 1998, evaluacion fisiológica y nutricional del efecto de los taninos en los principales sorgos graniferos cultivados en Colombia. (Citado el 29 de mayo 2012)

[http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/chataing/cursos/productos\\_naturales\\_2.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/chataing/cursos/productos_naturales_2.pdf)

Torres, Federico. 1992. Predicción de la energía metabolizable para aves de sorgo graníferos *Sorghum bicolor* (L) moench Venezolanos a partir de parámetros químicos. Trabajo de grado. Facultad de agronomía de la UCV. Maracay, Venezuela. 133

Viarural, agro y construcciones, manual técnico del sorgo en Argentina 2012, citado el 02-06-2012.

[http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/semilla\\_shibridas/cargill/manualsorgo/manualsorgocargill29.htm](http://www.viarural.com.ar/viarural.com.ar/insumosagropecuarios/agricolas/semilla_shibridas/cargill/manualsorgo/manualsorgocargill29.htm)

Waghorn C G and Shelton I D 1997 Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on the nutritive value of pasture for sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 128, 365-372.

Waterman PG Mole S.1994. Analysis o phenolic plan metabolites blackwell scientific publication Oxford UK.