



**EVALUACIÓN FISIOLÓGICA Y NUTRICIONAL DEL EFECTO DE  
LOS TANINOS EN LOS PRINCIPALES SORGOS GRANIFEROS  
(Sorghum bicolor (L) moench) CULTIVADOS EN COLOMBIA**

**SERGIO JOSÉ LATORRE RAMÍREZ  
MSc. M. V.**

**CESAR AUGUSTO CALDERÓN ARAQUE  
Zootecnista**

**BUCARAMANGA, JULIO 1998**



**EVALUACIÓN FISIOLÓGICA Y NUTRICIONAL DEL EFECTO DE  
LOS TANINOS EN LOS PRINCIPALES SORGOS GRANIFEROS  
(Sorghum bicolor (L) moench) CULTIVADOS EN COLOMBIA**

**SERGIO JOSÉ LATORRE RAMÍREZ  
MSc. M. V.**

**CESAR AUGUSTO CALDERÓN ARAQUE  
Zootecnista**

**BUCARAMANGA, JULIO 1998**

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
1. OBJETIVOS	4
1.1 GENERALES	4
1.2 ESPECÍFICOS	4
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. FAVORABILIDAD AMBIENTAL	7
4. REVISIÓN DE LITERATURA	9
4.1 GENERALIDADES	9
4.2 CLASIFICACIÓN TANINOS	12
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS TANINOS	14
4.4 EFECTO DE LOS TANINOS CONDENSADOS EN LA NUTRICIÓN DE LAS AVES	18
4.4.1 Efecto sobre la digestibilidad de proteína	20
4.4.2 Efecto sobre otras moléculas	22
4.4.3 Efecto sobre la energía	24
4.4.4 Efecto sobre tracto digestivo	27
4.4.5 Efecto sobre pata torcidas	29
4.4.6 Efecto sobre la bolsa de Fabricio	29
4.5 SITIOS DE ACCIÓN DE LOS TANINOS	29
4.6 EFECTO DE LOS TANINOS EN POLLOS DE ENGORDE	31
4.7 EFECTO DE LOS TANINOS EN PONEDORAS	32
4.8 DIGESTIBILIDAD	34

4.8.1	Disponibilidad biológica de metionina y lisina	35
4.8.2	Reacción de Maillard	40
4.9	TRATAMIENTOS PARA REDUCCIÓN DE TANINOS EN LOS CULTIVARES DE SORGO	42
		Pág.
4.10	ANÁLISIS QUÍMICOS PARA TANINOS	43
4.11	ESTRUCTURA DEL SISTEMA INMUNITARIO AVIAR	50
4.11.1	Órganos linfoides primarios	50
4.11.2	Órganos linfoides secundarios	57
4.11.3	El sistema inmune secundario	64
4.11.4	Embriología del intestino	65
5.	MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS CULTIVARES DE SORGO	67
6.	MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA PRUEBA DE BALANCE	70
7.	MATERIALES Y MÉTODOS PARA LAS PRUEBAS BIOLÓGICAS CON LAS AVES	77
8.	MATERIALES Y MÉTODOS EN LAS PRUEBAS INMUNOLÓGICAS	84
9.	MATERIALES Y MÉTODOS PARA LAS PRUEBAS DE HISTOPATOLOGÍA Y TRACTO DIGESTIVO	87
10.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
11.	CONCLUSIONES	122
12.	RECOMENDACIONES	124
13.	ECUACIONES DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN	125
	BIBLIOGRAFÍA	127
	ANEXOS	135

## LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Contenidos de Aminoácidos del sorgo Gr./Kg.	36
Tabla 2.	Perfil de aminoácidos y recomendaciones para parrilleros basados en las recomendaciones NRC	36
Tabla 3.	Relación ideal de aminoácidos y requerimientos De aminoácidos digestibles para pollos de engorde Basado en dietas de 3.200 kCal /Kg.	37
Tabla 4.	Rango de niveles sugeridos de ingestión diaria De aminoácidos totales en gallinas ponedoras	39
Tabla 5.	Coefficiente de digestibilidad verdadera de Aminoácidos críticos en pollos	39
Tabla 6.	Digestibilidad de aminoácidos en proteína de los Granos de sorgo	42
Tabla 7.	Comparación de los órganos linfoides primarios Y secundarios	51
Tabla 8.	Muestras recolectadas de sorgo	68
Tabla 9.	Dietas calculadas tal como se ofrecieron para pollo De engorde	82
Tabla 10.	Dietas calculadas tal como se ofrecieron para Gallinas de postura	83
Tabla 11.	Muestras recolectadas de sorgo	90
Tabla 12.	Comparación del contenido de energía metabolizable Aparente (EMA); y EMA corregida para balance de Nitrógeno cero (EMAN); energía metabolizable Verdadera (EMV); y EMV corregida para balance de Nitrógeno cero (ÉMVN) de los tratamientos	93

	<b>Pág.</b>
Tabla 13. Resultados estadísticos para energía metabolizable Verdadera corregida para balance de nitrógeno cero (0)	94
Tabla 14. Comparación del porcentaje de digestibilidad Aparente de nitrógeno (DAN) y digestibilidad Verdadera de nitrógeno (DVN) entre los Tratamientos	96
Tabla 15. Resultados estadísticos para digestibilidad Aparente de nitrógeno (DAN)	97
Tabla 16. Resultados estadísticos para digestibilidad verdadera de nitrógeno (DVN)	98
Tabla 17. Resultados estadísticos para peso vivo en pollo de engorde	100
Tabla 18. Resultados estadísticos para peso en canal de pollo de engorde	101
Tabla 19. Resultados estadísticos para peso de la bolsa de Fabricio en pollo de engorde	104
Tabla 20. Resultados estadísticos para talla de la bolsa de Fabricio en pollo de engorde	105
Tabla 21. Resultados estadísticos para conversión de alimento en pollo de engorde	107
Tabla 22. Resultados estadísticos para eficiencia alimenticia en pollo de engorde	109
Tabla 23. Resultados estadísticos para índice de eficiencia Europeo (FEEP) en pollo de engorde	110
Tabla 24. Resultados estadísticos para consumo de alimento en pollo de engorde	112

		<b>Pág.</b>
Tabla 25.	Resultados estadísticos para supervivencia en pollo de engorde	113
Tabla 26.	Resultados estadísticos para producción semanal de huevos en gallina de postura	115
Tabla 27.	Resultados estadísticos para masa de huevo en gallina de postura	116
Tabla 28.	Resultados estadísticos para conversión de alimento por Docena de huevo en gallina de postura	118
Tabla 29.	Análisis estadístico para pruebas de HI y Elisa en Pollo de engorde	119

## LISTA DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1.	Dieta pollos de engorde tratamiento basal (maíz - soya)	135
Anexo 2.	Dieta pollos de engorde tratamiento nivel Bajo(0.17%E.C)	136
Anexo 3.	Dieta pollos de engorde tratamiento nivel medio (1.64% E.C)	137
Anexo 4.	Dieta pollos de engorde tratamiento nivel alto ( 3.24% E.C)	138
Anexo 5.	Dieta gallinas de postura tratamiento basal (maíz-soya)	139
Anexo 6.	Dieta gallinas de postura tratamiento nivel Bajo (0.17 %E.C)	140
Anexo 7.	Dieta gallinas de postura tratamiento nivel Medio (1.64%E.C)	141
Anexo 8.	Dieta gallinas de postura tratamiento nivel alto (3.24 % E.C)	142
Anexo 9.	Gráficos	143

## RESUMEN

Siendo el sorgo uno de los cereales más utilizados en la elaboración de raciones para aves en razón a la gran variedad de cultivares existentes, al desarrollo por parte de los fitomejoradores de cultivares de alta producción con mayor resistencia a plagas y conocidos como sorgos antipájaros dadas en gran parte por características como los contenidos de taninos, teniendo en el ave un comportamiento indeseable por ser un factor antinutricional que afecta el consumo, la digestibilidad proteica y contenido energético del grano. En el presente trabajo se evaluaron los contenidos de catequina analizados por el método de Vainillina de 32 muestras de sorgo recolectadas en 6 de las principales zonas productoras de Colombia de acuerdo a la clasificación de Price encontrándose 4/32 de sorgos bajos en taninos ( $>0$  a  $<1$  %E.C), 11/32 medios ( $>1$  a  $<2$  %E.C) y 17/31 altos ( $>2$ %E.C) para cumplir con el objetivo principal de determinar el contenido de taninos de los principales cultivares de sorgo más sembrados en el país, variando entre 0.17 y 3.47 % EC, estos se relacionaron con contenido energético y digestibilidad del nitrógeno encontrando que los niveles bajos 0.17 EC tienen una energía de 3565 Kcal.E.M/Kg.M.S y una digestibilidad verdadera de nitrógeno (DVN) de 69.54%, los niveles medios 1.64% EC tienen una energía de 3487.5 Kcal.E.M/Kg. M.S, DVN de 69.99% y los altos 3.24% EC de 3265.8 Kcal/Kg. MS, DVN 50.85%, además se evaluó el efecto de los taninos sobre el sistema inmunológico de las aves, no encontrándose diferencias en la respuesta inmunológica ni alteraciones histopatológicas en las estructuras de los órganos evaluados (Bolsa de Fabricio, Intestino delgado distal, Duodeno y Tonsilas cecales). Sin embargo se encontró que los taninos no afectan el peso de la bolsa pero si levemente la talla de la bolsa de Fabricio. En las pruebas biológicas se encuentran una correlación negativa entre el contenido de taninos sobre las ganancias de peso vivo, índice de eficiencia europeo (FEEP), eficiencia alimenticia y conversión de alimento, para pollo de engorde y producción de huevo, conversión de alimento por docena de huevo y masa de huevo para gallinas de postura.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la América latina se ha venido utilizando el sorgo granífero (*Sorghum bicolor (Linn) Moench*) como una materia prima energética en la fabricación de alimentos balanceados para animales especialmente aves y cerdos, en reemplazo de fuentes energéticas como el maíz (*Zea mayz*) y trigo (*Triticum durum*).

Esta necesidad de búsqueda de materias primas que puedan sustituir en menor o mayor grado a las fuentes tradicionales, es producto de que en Colombia como en la mayoría de los países del tercer mundo el maíz y el trigo deben ser utilizados mayoritariamente para el consumo directo o en industrias de alimentos destinadas para el consumo humano, ya que existe deficiencia de productos agroalimentarios lo que determina en muchos casos la necesidad de importar para cubrir el requerimiento nacional.

El sorgo granífero usado en la fabricación de alimentos para animales presenta algunas limitantes ya que algunos cultivares tienen altos contenidos de polifenoles poliméricos conocidos como "Taninos", que es un factor antinutricional que tienen efectos negativos en los animales que lo consumen. Pero los cultivares de sorgo que han desarrollado los fitomejoradores han sido seleccionados sobre la base de una mejor adaptabilidad al trópico y rendimientos mas altos entre otras características. Pero sin embargo, en estos cultivares se presentan diferentes contenidos de taninos y estos como en otras plantas son un sistema de protección natural que le confieren a los granos de sorgo mas resistencia a hongos patógenos, mejora las condiciones de germinación y reduce pérdidas por depredación de pájaros. Estos taninos presentes en los sorgos pardos son del tipo condensado y su concentración depende no solo del grado de maduración del grano sino también de la técnica usada en el almacenamiento y tratamiento de los mismos como también de los factores agroclimáticos de la zona de cultivo.

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 (Fenavi, 1995). 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 (Fenavi, 1995). 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.

La producción nacional de sorgo para 1994 alcanzó las 672.000 toneladas, utilizando un área de cultivo aproximada de 220.000 hectáreas, generando mas de 300 mil empleos directos e indirectos (Fenalce, 1995). Pero la información disponible relacionada con los cultivares de sorgo sembrados en el país y las concentraciones de los taninos que ellos contienen, de acuerdo a las regiones donde se producen a través de las diferentes épocas del año, son insuficientes. Por lo que se hace necesario realizar investigaciones y desarrollar tecnologías que nos ofrezcan un apoyo científico que permita incrementar la productividad y manejar apropiadamente este recurso, para mejorar la nutrición animal y la calidad de vida humana.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar el contenido de taninos de los principales cultivares de sorgo y relacionar sus efectos antinutricionales en la alimentación de las aves.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Caracterizar el contenido de taninos de los cultivares de sorgo más frecuentemente sembrados en el país.
- 2) Relacionar el contenido de taninos de los cultivares de sorgo con el valor nutricional y sus efectos sobre los parámetros productivos y el estado inmunológico del ave.
- 3) Determinar la energía metabolizable verdadera y la digestibilidad de proteína en las diferentes categorías de clasificación del contenido de taninos según Price (1978).
- 4) Implementar una metodología para la determinación del contenido de taninos en los cultivares de sorgo que pueda ser utilizado rutinariamente.
- 5) Transferir tecnología que nos permitan mejorar los sistemas de producción y recomendar los cultivares de sorgo que mayores ventajas ofrezcan tanto a cultivadores como a consumidores, (avicultores)

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las materias primas empleadas en la formulación y preparación de alimentos balanceados para animales, son en un 95% de origen agropecuario. El 80% proceden de la agricultura y de casi todas ellas hay producción nacional, aunque no en las cantidades y en las cualidades que demanda la industria animal. Razón por las cuales es preciso adquirir porciones importantes en los mercados externos a precios inferiores a los internos y de mejores calidades, por lo que es necesario que en Colombia haya más agricultura de sorgo, maíz y soya en condiciones de productividad tales que generen al agricultor márgenes satisfactorios de rentabilidad y provean a la industria productos agrícolas competitivos.

El sorgo granífero (*Sorghum bicolor (linn) Moench*) es el quinto cereal más importante en el mundo después de el trigo, arroz, maíz y cebada, destacándose como los principales países productores Estados Unidos, India, Nigeria y Sudan y en América Latina, México, Argentina, Colombia y Venezuela y en menor escala Brasil, el Salvador y Guatemala.( FAO 1989) a nivel nacional cobra cada día mayor importancia por ser nativo de regiones áridas y semiáridas, por lo tanto tiene la propiedad de adaptarse favorablemente a nuestro ecosistema, lo que lo coloca en ventaja al compararlo con otros cereales, por lo que se convierte en un cultivo de especial interés para los países ubicados en la zona tropical. Además, representa el único insumo alimenticio que se utiliza en la formulación de dietas para aves y cerdos entre el 50 y 60 %. Su riqueza en carbohidratos 80 - 85 % le permite ser utilizado como la principal fuente energética, siendo notoria su contribución a la proteína total del alimento concentrado (30%). a pesar de que la misma es pobre. Por otra parte se conoce de la utilización de este cereal como ingrediente básico de la alimentación humana en algunos países y en Colombia, algunos intentos de inclusión en productos como pan y algunos complementos nutricionales a base de cereales.

En Colombia, los cultivares de sorgo que se utilizan actualmente son los sorgos pardos los cuales presentan características que los hacen más resistentes a las condiciones típicas del trópico y en especial son conocidos como sorgos antipájaros. La presencia de testa pigmentada es la razón de donde se deriva su nombre (sorgos pardos), en ella se encuentra un alto contenido de compuestos polifenólicos llamados taninos condensados, los

cuales han sido vinculados con la reducción del valor nutritivo del grano. Además, se debe tener en cuenta el agravante que en los meses de junio y julio se utilizan acelerantes de maduración para disponer de la cosecha en esta época de escasez de sorgo y obtener mejores precios sin considerar que estos tratamientos afectan la calidad nutricional de los mismos.

En razón a que estos factores antinutricionales no han sido suficientemente evaluados en nuestro país lo que limita transferir tecnología que permita por un lado orientar a los cultivadores nacionales sobre que cultivares de sorgo utilizar y en consecuencia, obtener mejores precios por sus mejores condiciones nutricionales favoreciendo a productores y consumidores. También se verían beneficiadas las plantas productoras de alimento ya que podrían utilizar el sorgo sin mayores complicaciones, logrando así disminuir la competencia del maíz, el cual puede ser destinado en alto grado a la alimentación humana. Además, con el conocimiento de una información precisa podrían formularse dietas para aves y cerdos con niveles mínimos de taninos tolerables por los animales. Esto beneficiaría a los productores de aves y cerdos pudiendo mejorar la eficiencia de alimentación y rentabilidad económica además de permitir ofrecer productos al mercado a precios más competitivos y acordes con las necesidades y poder adquisitivo de los consumidores.

### 3. FAVORABILIDAD AMBIENTAL

Cada día en el mundo se presenta un aumento creciente de la población humana y por consiguiente también de sus necesidades de alimento, especialmente proteínas de origen animal. Así, se hace necesario que la industria avícola y porcina tengan un continuo crecimiento para que puedan proveer alimento de buena calidad a un precio competitivo, acorde con las necesidades de la población en razón a ser especies de ciclos biológicos cortos con un alto grado de eficiencia.

No obstante, en estos sistemas de producción, el mayor costo del producto final está representado por el alimento, el cual llega a ser del 75 al 82%. La tendencia en los últimos años, especialmente en los países del tercer mundo, es usar fuentes energéticas basadas en cereales como: maíz, arroz, sorgo, con el agravante que el maíz y el arroz son utilizados en la alimentación humana quienes son los más grandes competidores, quedando el sorgo como la alternativa energética de mayor uso en la alimentación animal, sin tener en cuenta los efectos detrimentales sobre la productividad de los animales que los consumen por los factores antinutricionales que contienen como son los taninos.

Es importante destacar dentro de los cereales el cultivo del sorgo, como actividad agropecuaria rentable por su baja inversión, ciclo corto, y bajo riesgo, ya que requiere de un reducido costo de mano de obra porque su siembra y cosecha son fácilmente mecanizables, su procesamiento post-cosecha no requiere de mayores labores (limpieza y secado ) disminuyendo el costo del producto final al consumidor comparado con otros cereales.

También por su resistencia a enfermedades, insectos y fitotoxicidades causadas por biocidas, no requiere de una alta dependencia en el uso de agroquímicos como otros cereales los cuales finalmente, en su proceso de degradación, van a ser contaminantes medio ambientales, además de tener una dependencia a la importación de estos insumos a altos precios en el mercado internacional.

Dentro de sus ventajas agrológicas se cuenta con una gran adaptación a las condiciones adversas típicas del trópico. Además, su productividad no se ve tan afectada por suelos pobres y de baja disponibilidad de agua en comparación con otros cereales, teniendo un rendimiento ligeramente superior a su competidor más cercano el maíz ( 2.5 a 2.8 ton/ha) mientras que la producción de sorgo está entre 2.8 a 3 ton/ha.(Fenalce, 1995). Aunque las producciones nacionales son inferiores a la de los países templados ésta actividad representa un importante renglón económico en el país.

Estas condiciones hacen que los suelos utilizados por los cultivos de sorgo no compitan con suelos aptos para cultivos más exigentes, lo que podría determinar una reducción en la tala de bosques ya que no se necesitaría ampliar la frontera agrícola. Además, el cultivo del sorgo reincorpora residuos orgánicos al suelo lo que contribuye a mejorar, o al menos, a mantener la calidad del suelo. También la soca del sorgo se está utilizando como alimento para bovinos, ya que en muchas zonas de cultivo la cosecha coincide con épocas de verano donde hay baja oferta forrajera, mejorando las condiciones nutricionales de los sistemas de producción bovina y representando una alternativa de la mejora del valor agregado post-cosecha

El precio de los sorgos no presenta a nivel nacional fluctuaciones negativas gracias a los precios de sustentación dados por el gobierno y coordinados a través de agremiaciones como Fenalce, Secora y el Idema, las cuales también le aseguran al cultivador la compra de la cosecha.

Las consideraciones mencionadas determinan que el uso del sorgo se justifica en alimentos concentrados, pero es necesario desarrollar investigaciones que permitan evaluar cultivares con niveles mínimos de factores antinutricionales y con buen rendimiento agronómico y de esta manera se pueda obtener productos finales de una mayor calidad nutricional y esto repercuta en una mayor eficiencia en la producción de carne de pollo, carne de cerdo y huevos a precios más accesibles a los consumidores.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 GENERALIDADES

El Género *Sorghum* incluye especies silvestres y cultivadas, las cuales se encuentran distribuidas en África, Asia y América. Esta clasificado de la siguiente manera:

Orden : Glumiflorales  
Familia : Gramínea  
Subfamilia : Panicoidea  
Tribu : Andropogonae  
Género : *Sorghum*  
Especie : *Bicolor*

El *Sorghum bicolor* es nativo de África llamado "guinea Corn" fue traído a América por los años 1700, los afroamericanos elaboraban pan, tortas y amasijos. El sorgo es considerado el quinto cereal más importante del mundo después del trigo, arroz, maíz y la cebada; pudiendo crecer en una amplia variedad de suelos desde texturas arcillosas hasta arenosas. Para obtener la máxima producción deben ser suelos profundos, arcillosos, bien drenados con alta fertilidad y un pH entre 5.5 y 7.5 en algunos países las producciones oscilan entre 7-9 toneladas por hectárea en regiones donde la humedad no es el factor limitante. El sorgo es tolerante a condiciones ambientales desfavorables como sequía y salinidad, los promedios de producción en Colombia están entre 1.5 y 2.5 toneladas por hectárea. Como valor agregado para animales además del grano se les puede suministrar el tallo y las hojas en una gran variedad de formas: verde picado, henificado como ensilaje. Como calidad nutricional el sorgo es similar al maíz en su composición química siendo un poco más alto en proteína cruda y cercano en sus contenidos energéticos pero muy inferior en carotenos.

En la actualidad existen una amplia gama de cultivares desarrollados por los fitomejoradores con diversos propósitos como resistencia a enfermedades o plagas con el fin de mejorar la producción, resistencia medio ambiental. Para su siembra se utilizan entre 15 - 19 kilogramos por hectárea y se cosecha cuando el endospermo endurece. Los contenidos de taninos disminuyen con la maduración del grano y se debe cosechar

aproximadamente 45 días después de la florescencia para ser cortado y secado disminuyendo su contenido de humedad a un 14 % para poder ser almacenado sin riesgos de daños.

Los cultivares antipájaros tiene altos contenidos de taninos condensados lo cual se ha asociado con la disminución de la digestibilidad proteica y en general los taninos presentes en el sorgo afectan su calidad nutricional. Mc Clymant y Duncan (1952) fueron los primeros investigadores en reportar la presencia de un factor antinutricional en los granos de sorgos pardos que era tóxico para pollos (citados por Boren, 1992). Luego se confirmó y demostró que el sorgo alto en taninos deprime el crecimiento de pollos y la eficiencia de la alimentación (Chang y Fuller, 1964).

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 (Buttler, 1990).

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 (Bate-Smith y Lerner 1954 ; Mehansho et al, 1987).

El contenido de taninos (%EC) varía entre cultivares de una misma cosecha y dentro de cultivares pertenecientes a cosechas distintas. Lo que sugiere según Jaramillo et al, (1993). La influencia de factores intrínsecos y extrínsecos que parece afectar su concentración.

Ciccola (1989) evaluó diferentes cultivares en Venezuela y encontró que sus niveles de taninos (%EC) varían entre 0.005 a 3.92% (EC).

De acuerdo a los siguientes análisis los cultivares de sorgos Colombianos se puede concluir que según Solía S.A se encuentran en Colombia entre 0.01 hasta 3.47 (%E.C).

Golstein y Swain (1963) estudiaron en varios granos los cambios presentados en los contenidos de taninos, encontrando en el grano maduro una disminución de la propiedad astringente debido a la polimerización de los taninos reduciendo la solubilidad y capacidad de unirse a las proteínas, sorgos inmaduros altos en taninos según Butler (1982) citado por Jaramillo contienen flavan -3-ols (catequina) capaces de polimerizarse para formar taninos condensados, el sabor astringente disminuye la aceptación del grano incrementando la resistencia antipájaro que presentan los granos de sorgo altos en taninos en la fase inmadura.

<b>CULTIVARES</b>	<b>TANINOS (%EC)</b>
Chaguarama	1.78
CL 603	0.01
D61	0.12
DK 38	2.75
DK 65	0.01
DK 73	0.05
EXPRO 6	0.01
ICAIMA	2.18
ICAYUMA	1.28
ICI 730	0.01
ICI 740	0.68
G 135	2.35
G 522	0.15
PIONER 81-71	2.91
PIONER 81-87	0.04
MACAU	0.04
SABANA 5	1.97
SINUPAR	3.28
SORGHICA	3.47
ST GUAPO	2.62
ST DURO	0.01
WH 1758	0.09

**fuelle : Solla S.A.**

Los valores promedios reportados por Jaramillo M et al 1991 de los contenidos de taninos de los cultivares de sorgo producidos en Venezuela en dos cosechas diferentes se dan a continuación.

<b>CULTIVAR</b>	<b>COSECHA</b>	<b>TANINOS</b>
CH-3	1	1.67b
	2	2.22 a
NHSAY-5	1	1.91b
	2	2.31 a
P816-B	1	2.56a
	2	1.78 b

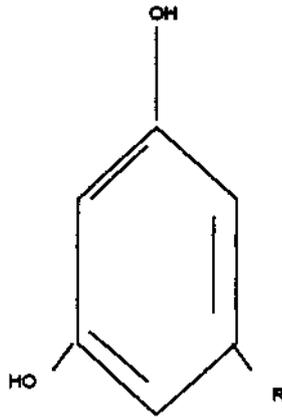
Valores Con letras diferentes dentro de cultivares difieren estadísticamente  $P < 0.01$ .

Los contenidos de taninos reportados por Moreno J (1995) en los sorgos cultivados en Colombia presenta valores con un rango desde 0.00 correspondiente a los sorgos clasificados como blanco o testigo hasta 4.32 nivel máximo encontrado en estos materiales y expresados como % de equivalentes de catequina (EC). El valor promedio de 1.31 de 18 materiales.

## **4.2 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 tienen esta propiedad.



### RESORCINOL

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

No todos los polifenoles precipitan las proteínas ni forman complejos con los polisacáridos. Algunos autores como Horvath (1981) citado por Cannos y Goner- Caves 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 Gymnospermo y el Angiospermo en estos últimos son más comunes en Dicotiledóneas que en monocotilédoneas.

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 Ea fenilpropanoide. 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 ellagotanimos 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 autooxidación en ausencia de calor ellos forman antocianidina y 3 deoxiantocianidina que a la vez se polimeriza para formar PA.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS TANINOS**

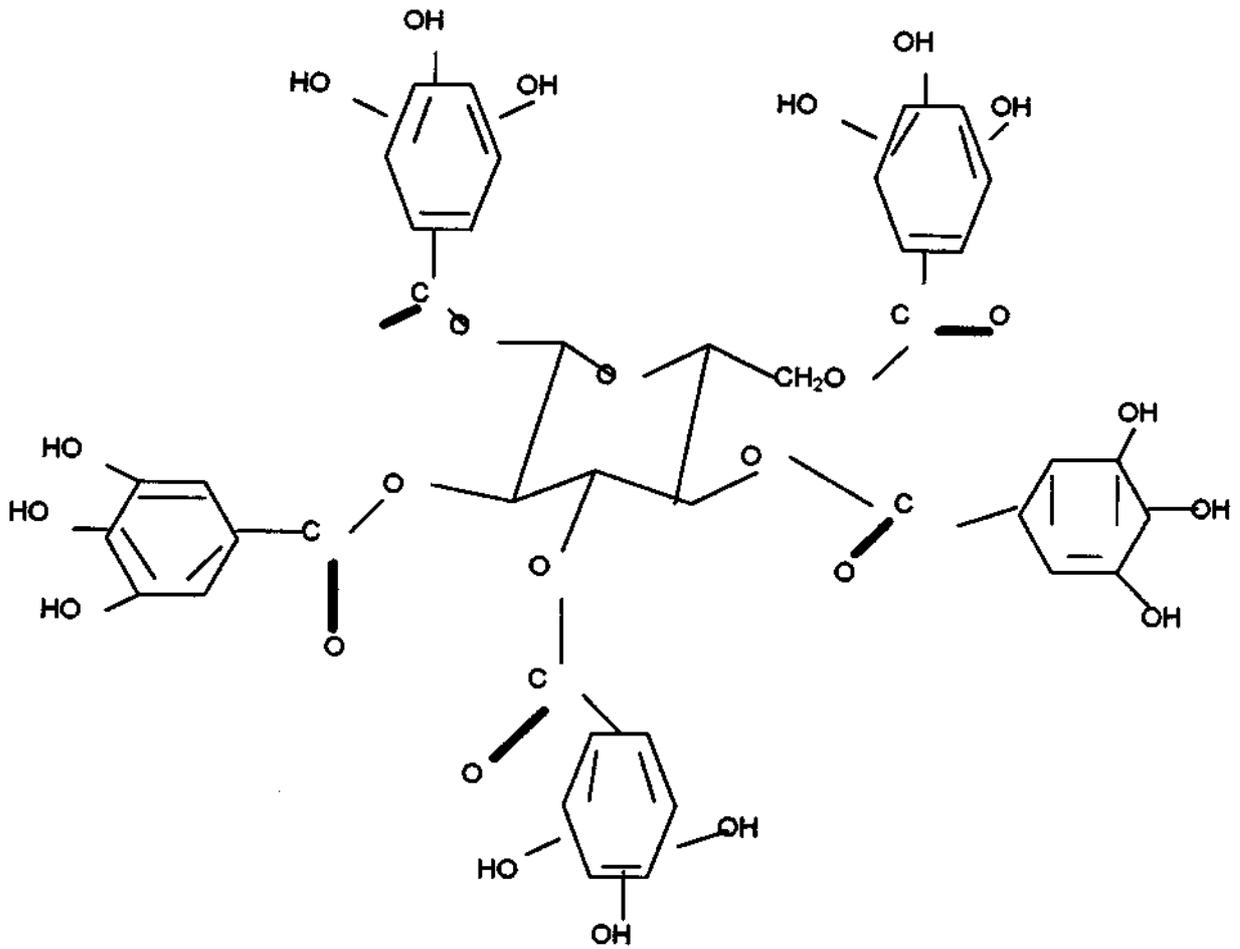
Son grupos oligoméricos con múltiples estructuras unidas a grupos fenólicos libres con un peso molecular que oscila entre 500 y 20.000 daltones, solubles en agua, con excepción de algunas estructuras de alto peso molecular y tienen la habilidad de atrapar proteínas y formar complejos solubles o insolubles.

Los taninos han sido clasificados en dos grandes grupos (Hahn et al., 1984; Asquith et al. , 1993).

#### **CLASIFICACIÓN DE LOS TANINOS**

Los taninos pueden dividirse en dos grupos:

- a.- Taninos pirogálicos o hidrolizables
- b.- Taninos condensados.

**TANINOS HIDROLIZABLES**

Están formados por varias moléculas de ácido gálico y egálico unidos por un enlace éster y un residuo de glucosa. Se conoce con el nombre de taninos pirogálicos porque cuando se destilan en seco producen ácido gálico y como su nombre lo indica pueden ser hidrolizados fácilmente por ácidos minerales (Jaimes, 1992). Los taninos hidrolizables (HT) son moléculas con un núcleo central polyol (generalmente D-glucosa) los grupos hidroxilos de estos carbohidratos son parcial o totalmente esterificados con grupos fenólicos como el ácido gálico (gallotaninos) o ácido ellagico (ellagitaninos) los taninos hidrolizables usualmente están presentes en las plantas en bajas cantidades, algunos autores definen dos clases adicionales de taninos hidrolizables taragallo taninos (con un núcleo de ácido gálico o ácido quínico) y cafetaninos (ácido cafeínico y ácido quínico).

#### \* **GALLOTANINOS**

Son grupos fenólicos esterificados con el núcleo y algunas veces constituido por oligómeros pesados de ácido gálico (cada monómero individualmente es llamado Galloyl), cada molécula de tanino hidrolizables se compone comúnmente de un núcleo de D-Glucosa y 6 a 9 grupos galloyl.

En la naturaleza existen abundantes ésteres de glucosa mono y di-galloyl (peso molecular cerca de 900 daltones) ellos no son considerados como taninos. Al menos 3 grupos de los hidroxilos de la glucosa deben ser esterificados para exhibir la suficiente capacidad atrapadora y poder ser clasificado como tanino.

La más famosa fuente de gallotaninos es el ácido tánico obtenidos de las ramificaciones galls. Esta tienen un núcleo D glucosa unidos a 5 galloyl y 5 unidades galloyl más unidas a un núcleo galloyl.

#### \* **ELLAGITANINOS**

Los grupos fenólicos constan de ácido hexadihidroxydifénico el cual se deshidrata a la forma lactona ácido ellagico. Su peso molecular oscila entre 2000-5000 Daltones.

## **PROPIEDADES DE LOS TANINOS HIDROLIZABLES**

Son hidrolizados por ácidos o bases débiles produciendo carbohidratos y ácido fenólico. Bajo las mismas condiciones los taninos condensados no son hidrolizados.

Los taninos hidrolizables son hidrolizados por agua caliente o enzimas como por ejemplo la Tannasa).

### **\* 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 (Makkar et al, 1987). Se considera que sus precursores son las catequinas o derivados de flavan-3-ols que se sintetizan a partir de combinaciones con ácido shikimico. Los taninos de los sorgos pardos son de la clase condensada y su estructura química consiste en un polímero de catechin y epicateidin unidos (Buttler, 1990).

Los taninos condensados son más ampliamente distribuidos que los taninos hidrolizables. Ellos son oligómeros o polímeros de unidades flavonoides (flavan 3-ol) 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 cianidin ( flavan 3-ol de procyanidin) y delphinidin 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.

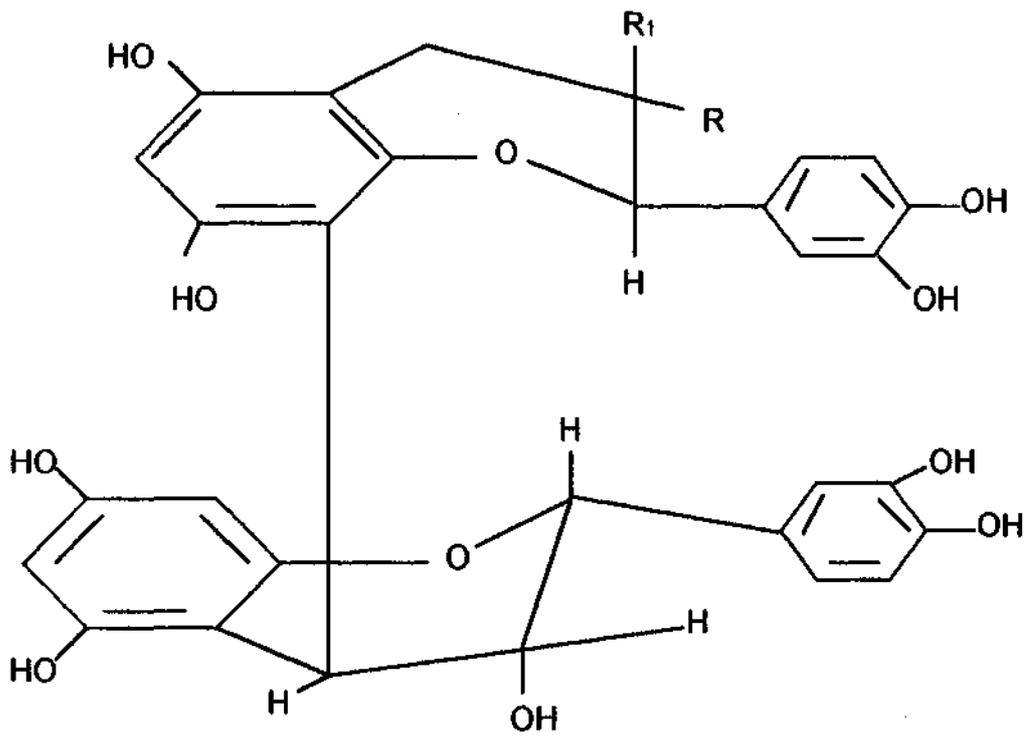
#### **4.4 EFECTOS DE LOS TANINOS CONDENSADOS EN LA NUTRICIÓN DE LAS AVES**

La presencia de grupos hidroxil-fenólicos libres permiten a los taninos formar fuertes complejos con la proteína y otras macromoléculas de ahí que los taninos tienen un profundo efecto en la disponibilidad de muchos nutrientes además producen cambios en la fisiología de los animales. Los taninos no solamente afectan la calidad de los alimentos sino que también causan toxicidad (Makkar et al., 1987).

Los taninos tienen su mayor impacto en la nutrición animal por la habilidad para formar complejos con numerosas moléculas tales como: carbohidratos, proteínas, polisacáridos, membranas de las células bacterianas, enzimas involucradas en la digestión de carbohidratos y proteínas.

Efectos de los taninos sobre digestión y metabolismo Fache y Jung (1989) citados por Jan Aldeedge.

1. Los taninos deprimen el consumo voluntario.
2. Los taninos forman complejos con proteínas dietéticas y otros compuestos de la dieta.
3. Los taninos forman complejos con enzimas digestivas interfiriendo así con la digestión normal.
4. Los taninos forman complejos con las proteínas endógenas lo cual lleva a una salida del nitrógeno suministrado y en particular de los aminoácidos.



**TANINOS CONDENSADOS**

5. Los complejos de taninos lesionan parte del tracto alimenticio.
6. Los taninos y sus productos de hidrólisis son absorbidos y tienen efectos tóxicos en el organismo.

#### **4.4.1 Efecto sobre la digestibilidad de proteína**

La capacidad de los taninos para atrapar proteínas ha sido reconocida por siglos, el curtido de cueros es una práctica muy antigua.

La interacción tanino proteína son específicas y dependen de la estructura de ambas, proteína y taninos.

Las características de las proteínas que favorecen las fuertes uniones el alto peso molecular, estructuras flexibles y abiertas y ricas en prolina, alta movilidad conformacional.

#### **\* UNIONES QUÍMICAS**

Las interacciones tanino proteína están fuertemente basadas en uniones hidrofóbicas y uniones de hidrógeno, las uniones iónicas y covalentes ocurren menos frecuentemente.

Los grupos fenólicos de los taninos son excelentes donadores de hidrógenos que forman uniones con los grupos carboxilos de las proteínas, por esta razón los taninos tienen una mayor afinidad por las proteínas que por los almidones.

Las uniones hidrofóbicas son uniones más fuertes, de mayor fortaleza iónicas y resistentes a altas temperaturas, mientras que las uniones covalentes ocurren solo bajo condiciones de oxidación tales como autooxidación a través del tiempo. La acción de enzimas oxidativas (ejemplo polifenoloxidasas y peroxidasas).

Las uniones covalentes son mucho más difíciles de desorganizar que las uniones anteriormente mencionadas, siendo nutricionalmente muy importante por su naturaleza irreversible.

La proteína bajo ciertas condiciones de concentración y pH forman complejos insolubles con los taninos, esta tendencia es atribuida a la fuerte atracción del hidrógeno con el oxígeno del grupo carboxilo del péptido con la posible formación de enlaces cruzados entre las cadenas de proteína (Boren, 1992), lo que induce la precipitación de las proteínas, disminuyendo la disponibilidad de esta y sus aminoácidos con posible inhibición enzimática (Butter; 1991; Hahn et al 1984). Por otro lado Hahn et al., 1984, sostienen que la capacidad de los taninos para unirse a las proteínas depende del grado de polimerización, el número de grupos fenólicos y también de la calidad de la proteína. El 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 (Chang y Fuller, 1964; Hagerman y Buttler 1978; Salunkhe et al., 1982; Hahn et al. 1984; Oh et al., 1985; Mehansho et al., 1987; Shang et al., 1990) por otra parte Jaramillo, (1991) encontró un efecto negativo de los taninos más resaltante sobre la proteína determinando una correlación negativa ( $r = 0.88$ ;  $P < 0.01$ ) para la digestibilidad aparente de nitrógeno.

Reyes (1991), observó que a mayor contenido de taninos condensados disminuye la digestibilidad de la proteína acompañada de secreciones masivas de fluidos a nivel del tracto digestivo para contrarrestar el efecto tóxico, lo que indica valores más altos de nitrógeno proteico excretado y nitrógeno total excretado.

Precipitación de las proteínas por los taninos es máximo a valores de pH cercano al punto isoelectrico de las proteínas en solución a un pH alto, los hidroxilos fenólicos son ionizados y las proteínas tienen cargas negativas netas, bajo estas condiciones la precipitación no ocurre porque las proteínas exponen fuerzas repulsivas. Fuertes complejos con taninos son formados por taninos y agentes atrapantes como el polivinilpirrolidona (PVP) y propilenglicol (PEG) y desnaturizantes de proteína como el fenol. Por tener alta afinidad por las proteínas los taninos pueden ser lo suficientemente pequeños para penetrar la región interfibrilar de las moléculas de proteína pero lo suficientemente largas para cruzar las cadenas peptídicas en más de un punto.

#### **4.4.2 Efecto Sobre Otras Moléculas**

Los taninos también forman complejos con otras macromoléculas presentándose disminución de la digestibilidad de celulosa, hemicelulosa, almidones y materia seca (Garg y Nath, 1990). Los almidones forman complejos catequina-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).

##### **\* 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.

##### **\* 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 hidróxilo de los polifenoles 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 (Reddy et al., 1985).

En el complejo formado por tanino-hierro hace que se presente un descenso en la hemoglobina ocasionando anemia en los animales (Rozo et al., 1985).

### **\* EFECTO 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 ( Dale, 1985).

Los taninos condensados inhiben mas 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 ( Mitjavalía et al., 1977). Existiendo una correlación negativa altamente significativa entre taninos condensados y la retención de nitrógeno (Trindade et al 1.979).

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. Por que 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 (Sibbald, 1977; Dale, 1985).

#### **4.4.3 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 (Sibbald, 1975) McNab (1981). Esta corrección elimina las variaciones resultantes de las diferencias en consumo de alimento y pueden reducir algunas de las variaciones entre especies y líneas o razas de aves Sibbald (1976). Es impráctico para la mayoría de los productores de alimentos medir la EMV de cada uno de los lotes de ingredientes recibidos, sin embargo, si el sistema de EMV es usado en la formulación de alimentos es necesario tener acceso a tablas apropiadas que tengan los datos necesarios Engster (1981).

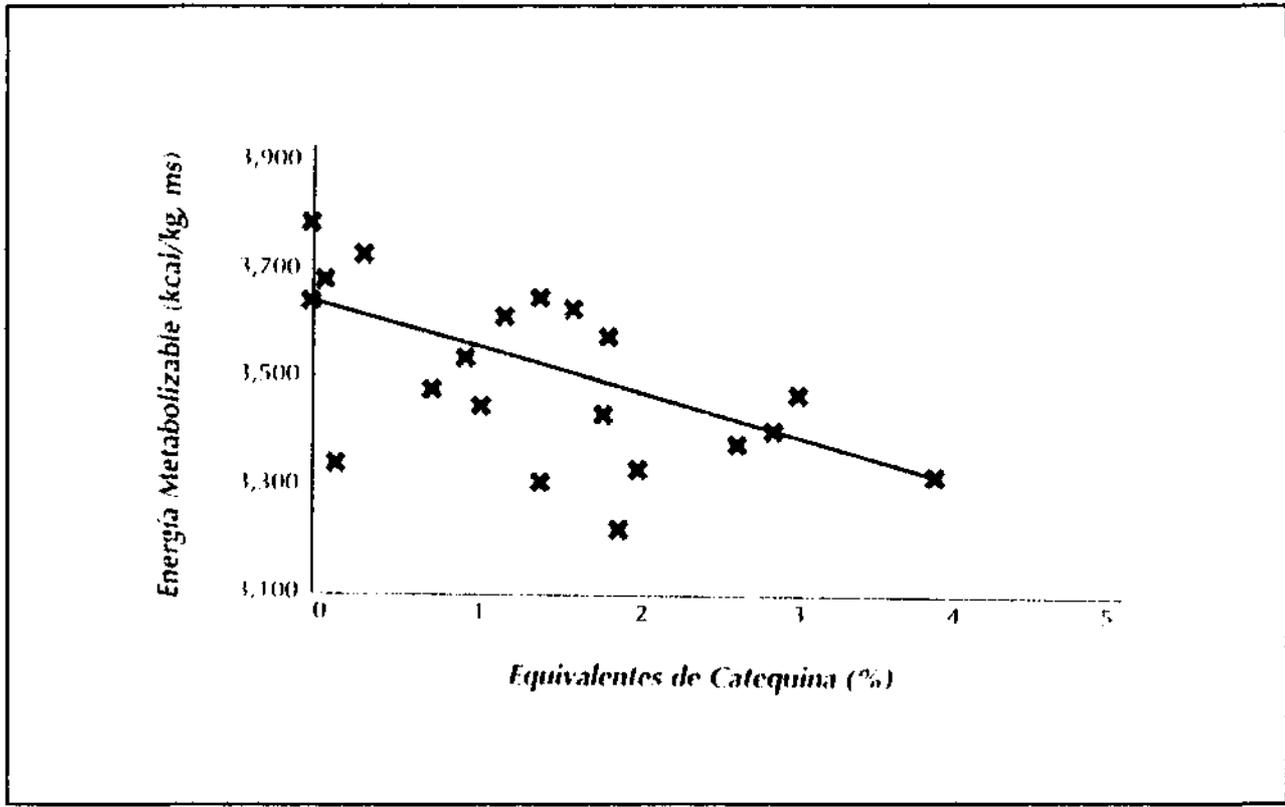
Halley et al (1986) encontró que los contenidos de taninos en el sorgo afectan la energía metabolizable encontrando una correlación negativa entre ellas y con la biodisponibilidad de la energía metabolizable. Siendo consistente con los resultados obtenidos por Torres, (1992) y Reyes, (1991).

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 de los pollos en la etapa de iniciación debido probablemente también a una disminución en el aporte proteico.

Sin embargo en los laboratorios del Doctor Robert Elkin de la Universidad de Purdue y del Doctor Steve Leeson de la Universidad de Guelph han observado que el nivel de taninos no necesariamente es indicativo de la calidad nutricional del sorgo Elkin evaluó la energía metabolizable y la disponibilidad de aminoácidos en 20 muestras de sorgo las cuales tuvieron equivalentes de catequina entre 0.0 y 3.88 ver gráfico. Aunque hubo un efecto negativo de niveles altos de taninos sobre estos parámetros la correlación fue muy débil. Hubo varios casos en que muestras con niveles bajos o medianos de taninos tuvieron digestibilidades parecidas a las muestras con niveles altos. En el reporte de Lesson un nivel alto de taninos en una muestra tuvo poco efecto sobre el valor alimenticio. Ambos investigadores creen que pueden haber otros factores anti-nutricionales en el sorgo que hasta ahora no han sido identificados Elkin sospecha que las a kafirina pueden jugar un papel negativo en la alimentación. Los niveles de taninos (equivalentes de catequina) no necesariamente están relacionados con los resultados que podemos esperar en el campo.

La Energía Metabolizable (EM) del sorgo ha sido evaluada por varios investigadores quienes enfatizan las diferencias debidas a la concentración de taninos Fuller (1966) estudiaron 22 híbridos de sorgo, los contenidos de taninos fueron determinados así como la concentración de energía metabolizable (EM) los contenidos de taninos oscilaron entre 0.2 a 2% y la (EM) desde 2617 a 3516 Kcal/Kg. Las aves alimentadas con estos sorgos muestran ratas de crecimiento negativo relativas a los contenidos de taninos en los granos de sorgo Rinehart (1974) encontró que para aves la energía metabolizable en sorgo altos en taninos fue 7-8% inferior a los sorgos no bajos en taninos Luis y Sullivan calcularon los valores de energía metabolizable verdadera con valores de 3127 Kcal/Kg. Veloso (1985) encontró que los contenidos de (EM) oscilan entre 3120 y 3462 Kcal/Kg. De acuerdo a la edad de las aves, Lucbert y Castaing (1986) determinaron los contenidos de taninos y la energía metabolizable en tres cultivares de sorgo

## RELACIÓN ENTRE TANINOS Y ENERGÍA METABOLIZABLE EN SORGO



Fuente. Elkin 1996.

encontrando valores de 0.23, 1.0 y 1.4% de taninos y 3306, 3028 y 2888 Kcal/Kg. Concluyendo que la energía metabolizable decrece en 40 Kcal por cada 0.1% de taninos, Douglas (1988) reporta que los valores promedio del EM determinados durante un año para altos y bajos niveles de taninos fueron de 3.200 y 2.838 Kcal / Kg respectivamente. El valor nutritivo de los sorgos altos en taninos pueden ser mejorado significativamente mediante la adición de grasas, Yamazaki y Kaku (1988) determinaron la energía metabolizable verdadera por el método de Sibbald (1983) de los cultivares de sorgo cuyos contenidos de taninos eran de 0.15 y 0.45%. La Energía Metabolizable vario entre 3880 a 3990 kcal/Kg. Y 3780 a3870 Kcak/Kg respectivamente.

En el trabajo realizado por Moreno J (1995) los niveles máximos de energía bruta (EB) fueron de 4116.95 cal/g para energía metabolizable verdadera (EMV) 3801.3 cal/g y para la energía metabolizable verdadera (EMVn) corregida para nitrógeno cero 3622.7 cal/g y los niveles mínimos de EB 3965.7 cal/g de EMV 3440.3 cal/g y de EMVn 3136.8 cal/g se observa como los sorgos con altos contenidos de taninos afectan negativamente el contenido energético así sorgos con 0.00 equivalentes de Catequina tuvieron (EMVn) 3655.7 cal/g mientras que el que tuvo 4.32 (E.C) tenían EMVn de 3149.6 cal/g, el valor promedio de catequina 1.66 tuvo un valor de EMVn de 3432.2 cal/g comportamiento similar al reportado por otros autores.

En los trabajos realizados por Jaramillo en Venezuela se tiene los valores de EMVn en Kval / Kg. ms

CULTIVAR	COSECHA	TANINOS	EMVn	DIFERENCIA
CH-3	1	1.67	3.293	247
	2	2.22	3.540	
Nksav-5	1	1.91	3.181	495
	2	2.31	3.676	
Pb16-3	1	2.56	3.425	13
	2	1.78	3.412	

#### 4.4.4 Efecto sobre el tracto digestivo

Existen un gran grupo de compuestos polifenólicos dentro de los cuales se encuentra los ácidos fenólicos, flavonoides 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, glucosaminas (Price y Buttler, 1980).

Jaramillo, (1991). Observo en duodeno, buche y proventrículo daños formo-funcionales. Se determinaron daños en las mucosas de estos órganos, degeneración vacuolar en las glándulas tubulosas simples ramificadas del buche. Ocasionadas por algún agente injuriente. 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 en aves.

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 antinutricionales.

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 trato digestivo, conducta alimenticia, talla corporal y mecanismo de detoxificación.

#### 4.4.5 Efectos de patas torcidas

Jaramillo, (1.991) no pudo relacionar esta alteración con la acción de taninos condensados no obstante la dieta más alta en taninos evidenció alteraciones más intensas en la estructura de la fibra colágena de la articulación intertarsiana de las aves que sufrieron el efecto . Los taninos condensados pueden producir anomalías en patas incluyendo un arqueamiento exterior de la misma con una protuberancia en la articulación del torso (Armstrong et al 1973; Rostagno et al., 1973).

#### 4.4.6 Efecto sobre la bolsa de Fabricio

Según lo reportado por Jlescas M (1.989) los taninos en el alimento para aves en niveles superiores al 0.7%(EC) en la dieta total disminuyen el tamaño de la bolsa de Fabricio y por ende su relación con el peso de las aves.

### 4.5 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, esto 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 propilen glicol (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.

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 detoxicación trayendo como consecuencia una disminución en la tasa de crecimiento.

Yan L and Bennick (1995) 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 proteína salivares ricas en prolina precipitando fuertemente los taninos protegiendo la a 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.

#### **4.6 EFECTOS DE LOS TANINOS EN POLLOS DE ENGORDE**

Trabajos de Vohra, Kratzer y Joslyn para medir el efecto de varios niveles de ácido gallotánico en la dieta de pollos de engorde encontraron que la ganancia de peso disminuye a medida que el nivel de ácido tánico aumenta, esta depresión se hace más marcada a los 21 días de ensayo, la mortalidad se incrementa alcanzando un 70% de las aves cuando los niveles llegan a un 5%, los niveles de consumo disminuyen con el incremento del ácido tánico en la dieta, las aves presentan a la necropsia buches vacíos e hígados grasos. El ácido tánico reduce la energía metabolizable de la dieta deprime la retención de nitrógeno pero no tiene ningún efecto en la absorción de grasas. Los niveles sanguíneos de colesterol también se incrementan con ácido tánico. Rostagno HS (1973). Las ganancias de peso y conversión disminuye cuando el ácido tánico es adicionado al maíz, aunque el comportamiento es superior en los animales que recibieron el maíz con el ácido tánico y los sorgos con bajos niveles de taninos que los sorgos con altos niveles de taninos. Chang y Fuller evaluaron varias variedades de sorgo con varios contenidos de taninos utilizándolos hasta un 50% de la dieta y otras a base de maíz encontrando que dietas con altos niveles de taninos retardan el crecimiento en la misma proporción a los niveles de taninos recibidos cuando se igualaron los niveles energéticos y proteicos utilizando diferentes niveles de sorgo en la dieta encontraron un retardo en el crecimiento de los animales, un incremento en la presencia de hígados grasos en proporción directa con los niveles de taninos proporcionados pro el sorgo cuando no fueron suplementadas las dietas basales con metionina y cloruro de colina, las diferencias en la respuesta al crecimiento en las dietas con altos taninos y bajos taninos fue más acentuadas.

Elkin HG investigaron los efectos de la suplementación de metionina y de lisina para pollos parrilleros en dietas de sorgos más torta de soya con bajos y altos contenidos en taninos con limitaciones en los contenidos de metionina o de lisina, la dieta a base de sorgos con altos contenidos en taninos reduce la rata de crecimiento al compararla con la de bajos contenidos de taninos estos efectos son superados con la suplementación de metionina. La lisina no tiene efectos sobre los contenidos de taninos y su suplementación no afecta los rendimientos siempre y cuando los requerimientos de metionina sean satisfechos.

En trabajos adelantados sobre el metabolismo de los taninos Potter Dr (1996) utilizan cromatografía de capa fina identificaron la presencia de ácido gálico ácido 0-metil gálico y perogálico en la orina de gallinas alimentadas y adicionado el ácido tánico y ácido gálico el ácido tánico aparentemente es hidrolizado a ácido gálico una gran parte es o-metilada y excretado en la orina como ácido 6 metil gálico, esto explica la importancia de la suplementación con metionina y cloruro de colina en dietas que contienen taninos naturales.

#### **4.7 EFECTOS DE LOS TANINOS EN PONEDORAS**

La mayoría de los investigadores quienes han evaluado el uso del sorgo en dietas para aves de postura han descrito los efectos de la presencia en la dieta como a nivel de 2% o más que los taninos afectan la producción de huevos y el peso del huevo, se incrementa la frecuencia y grado de manchado de la yema causando una decoloración general de la yema pero no tiene ningún efecto sobre la calidad de la albúmina. Estos efectos negativos pueden ser reducidos mediante la suplementación de la dieta con metionina y/o colina o con ambos. Fry (1972) sugiere que sorgos cuyos contenidos de taninos están alrededor de 2% pueden reemplazar maíz amarillo entre 60-100% sin ocasionar cambios en el score de la yema, Armanious (1973) observo una tendencia a disminuir la producción de huevos en gallinas alimentadas con dietas que contenían 50% de sorgo con alto contenido de taninos, pero también se encuentra un incremento en la producción de huevos cuando se suplementan estas dietas con metionina y colina, sin embargo, se tienen efectos significantes sobre el peso del huevo y manchado de la yema si se encontró una discreta pérdida de color de la

yema, concluyendo que el sorgo puede ser usado cuando los contenidos de taninos son de 0.6% o menores en la dieta con adecuados niveles de donadores de metilo y xantofilas y Sell y colaboradores encontraron efectos negativos de los taninos sobre el peso del huevo y la calidad de las yemas, así como de la efectividad de suplementar la metionina en la producción de huevos.

Investigadores como Potter y Fuller utilizando dietas con 0-1 y 2% de ácido tánico respectivamente durante la segunda semana las aves que consumieron 2% de ácido tánico mostraron una disminución en la producción de huevos los dos niveles de ácido tánico presentan un incremento en la presentación de yemas manchadas con color verde oliva, se aprecia en las yemas que reciben el ácido tánico aumentando con el incremento de los niveles de ácido. Todos los efectos adversos desaparecen cuando se retira el ácido aproximadamente 3 semanas después.

Esta claro que los efectos de los taninos contenidos en los granos de sorgo son diferentes a los producidos por la adición de ácido tánico, aunque ambos incrementan los requerimientos de los donadores de los grupos metilos.

Blakislee y Wilson (1990) no encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos 0 y 1% de ácido tánico para ninguno de los parámetros probados, comparando el tratamiento 0 con los niveles 2 y 4% se reduce significativamente el consumo de alimento y la producción de huevo. La producción de huevo disminuye en la tercer semana al nivel 2% y a la segunda semana al nivel 4% concordando estos resultados con los de Potter (1976).

La fertilidad e incubabilidad no fue significativamente afectada para los diferentes niveles de ácido tánico, la fertilidad fue inferior en los tratamientos con los niveles 2 y 4% pero esta más relacionada con la severa disminución de la producción de huevos. Sell y Rogler adelantaron un trabajo para evaluar el efecto de los taninos del sorgo y diferentes niveles de proteína en gallinas mantenidas en dos diferentes temperaturas ambientales, probando sorgos bajos y altos en taninos y proteínas dietéticas de 11.5% y 14.5%

durante 6 semanas la producción de huevos fue reducida así como la eficiencia en la utilización de alimentos, pérdida de peso se presenta en la dieta baja en proteína (11.5%). Los taninos reducen significativamente la producción de huevos y la eficiencia alimenticia en los dos niveles de proteína dietética mientras que la gravedad específica de los huevos y el grosor de la cáscara se afectó solo en el bajo nivel de proteína. El peso de los huevos y la pérdida de peso corporal no fue afectada por los taninos.

#### **4.8 LA DIGESTIBILIDAD**

El término digestibilidad esta asociado con disponibilidad por definición la digestibilidad es la diferencia entre la cantidad de aminoácidos consumidos y los que son excretados en las heces. En la actualidad se pretende formular en base a los requerimientos de aminoácidos indispensables. Niveles excesivos de proteína no solo significan un alto costo sino que afectan el desempeño productivo de las aves. Las aves no tienen un requerimiento de proteína cruda como tal solo necesitan una cantidad suficiente de nitrógeno para la síntesis de aminoácidos no esenciales. Se ha demostrado en gallinas ponedoras que con dietas del 13% de proteína suplementadas adecuadamente con aminoácidos puros tuvieron un desempeño óptimo similar a dietas controles con 16-17% de proteína. En pollo de engorde los valores mínimos de proteína en la ración suplementada correctamente con metionina, Usina y treonina permiten mantener un óptimo desarrollo productivo y de calidad de la canal. En la medida que aumenten nuestros conocimientos en relación con las necesidades de las aves, así como a la disponibilidad y digestibilidad de los aminoácidos en las materias primas a que existan más aminoácidos sintéticos económicamente disponibles menor será el valor de proteína cruda con que se produzcan las raciones. Resulta difícil definir los requerimientos de aminoácidos de las aves cuando se sabe que estos están influenciados por una serie de factores tales como la densidad calórica de la dieta, el consumo de alimento, condiciones ambientales, sexo, los requerimientos son inferiores en las hembras que en los machos, línea genética, etc., (Zaviezo Douglas, 1997).

En la naturaleza los aminoácidos se encuentran en forma de L y de esta forma se encuentran incorporados a las proteínas, cuando se hace una síntesis industrial se obtiene una mezcla de isómeros D y L, los aminoácidos en forma D no tienen el mismo valor nutricional que los que se encuentran

en forma L (Nick Dale, 1986) de la utilización de aminoácidos D en la nutrición aviar, la metionina, la fenilalanina y la leucina la forma D es equivalente o casi equivalente a la forma L; la valina tiene un 50% de biopotencia de la forma L: el triptófano, histidina y la isoleucina poco valor, la treonina, arginina sin valor nutritivo pero tampoco tóxico.

#### 4.8.1 Disponibilidad Biológica de Metionina y Lisina

En el trabajo realizado por Moreno (1995) la mayor disponibilidad biológica para lisina y metionina fue de 94.4 y 89.41% respectivamente cuando los niveles de taninos fueron iguales o menores a 0.9% de equivalentes de catequina. Se evidencia una disminución de la disponibilidad biológica de estos aminoácidos cuando se incrementan los niveles de taninos correspondiendo los menores niveles a 36.36 y 50.0% con contenidos de taninos de 4.32% de EC.

La tendencia anterior se explica de acuerdo con los trabajos de Butter y colaboradores (1984) quienes encontraron una fuerte interacción de los taninos con ciertas proteínas presentes en las semillas de sorgo especialmente la prolamina, la cual puede llegar a contener hasta un 20% de prolina aminoácido que tiene una fuerte interacción hidrofóbica.

Los trabajos de Jaramillo (1995) en Venezuela con sorgos altos en taninos evaluando la digestibilidad del nitrógeno en el cual se presentan los siguientes resultados:

CULTIVAR	COSECHA	TANINOS	DAN
CH-3	1 2	1.67	42
		2.22	62
Nksav-5	1 2	1.91	45
		2.31	67
Pb16-3	1 2	2.56	52
		1.78	69

Encontrando que no existe diferencias entre los cultivares de cada cosecha pero si hay diferencias dentro de cultivares procedentes de cosechas distintas. Estos valores están directamente vinculados con el grado de reactividad de las moléculas de taninos condensados.

**Tabla 1. CONTENIDOS DE AMINOÁCIDOS DEL SORGO Gr./Kg.**

	Agriculture Research Center	National Research Center
Arginina	4.0	3.5
Cistina	2.5	1.7
Glicina	3.0	3.1
Histidina	2.3	2.2
Leucina	12.2	11.4
Isoleucina	3.8	3.5
Metionina	1.7	1.6
Fenilalanina	4.7	4.7
Treonina	3.9	2.9
Triptófano	1.3	0.8
Tirosina	3.3	3.4
Valina	5.5	4.4
Serina	4.3	4.0
Lisina	2.4	2.1

**Tabla 2. PERFIL DE AMINOÁCIDOS Y RECOMENDACIONES PARA PARRILLEROS BASADOS EN LAS RECOMENDACIONES DE NRC**

AMINOÁCIDOS	ENTRE 0-21 DÍAS		ENTRE 22 -42 DÍAS	
	PERFIL	REQUERIMIENTO % DE LA DIETA	PERFIL	REQUERIMIENTO % DE LA DIETA
Lisina	100	1.10	100	1.00
Metionina + cistina	82	.90	72	.72
Metionina	46	.50	38	.38
Arginina	113	1.25	110	1.10
Valina	82	.90	82	.82
Treonina	73	.80	74	.74
Triptófano	18	.20	18	.18
Isoleucina	73	.80	73	.73
Histidina	32	.35	32	.32
Fenilalanina + tirosina	122	1.34	122	1.22
Leucina	109	1.20	109	1.09

**Tabla 3. RELACIÓN IDEAL DE AMINOÁCIDOS Y REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS DIGESTIBLES PARA POLLOS DE ENGORDE BASADO EN DIETAS DE 3.200 Kcal/Kg.**

AMINOÁCIDOS	RELACIÓN IDEAL	REQUERIMIENTOS 0-21 DÍAS. % DIETA		RELACIÓN IDEAL	REQUERIMIENTOS 0-21 DÍAS. % DIETA	
	(0 - 21 DÍAS)	MACHO	HEMBRA	(21-42 DÍAS)	MACHO	HEMBRA
Lisina	100	1.12	1.02	100	.89	.84
Metionina + cistina	72	.81	.74	75	.67	.63
Metionina	36	.41	.37	37	.33	.31
Cistina	36	.41	.37	38	.34	.32
Arginina	105	1.18	1.07	108	.96	.91
Valina	77	.86	.79	80	.71	.62
Treonina	67	.75	.38	70	.62	.59
Triptófano	16	.18	.16	17	.15	.14
Isoleucina	67	.75	.68	69	.61	.58
Leucina	109	1.22	1.11	109	.97	.92
Histidina	32	.36	.33	32	.28	.27
Fenilalanina + tirosina	105	1.38	1.07	109	.93	.88

La relación de proteína ideal esta expresada como porcentaje de la lisina digestible.

Fuente: Baker and Hans, 1994.

La propuesta nutricional es que cada aminoácido indispensable se exprese en relación a un aminoácido de referencia, lo que permite estimar fácilmente los requerimientos de todos los aminoácidos, cuando la exigencia del aminoácido de referencia queda establecida.

La lisina fue seleccionada como el aminoácido de referencia por las siguientes razones: la lisina es el primer aminoácido limitante en la mayoría de las dietas para cerdos y segundo después de los azufrados en la mayoría de las dietas para aves. La lisina se encuentra económicamente disponible en forma sintética para utilizarse en las raciones prácticas de los animales. Los requerimientos de aminoácidos digestibles para pollos de engorde han estado y continúan estando sujetos a evaluaciones constantes. El aumento de la proteína es la única función que la lisina tiene en el cuerpo por eso no es influenciada por las proporciones relativas de mantenimiento y crecimiento.

## **PARA PONEDORAS**

Para ponedoras no se ha generado suficiente información para sugerir una relación ideal confiable entre los aminoácidos indispensables en gallinas ponedoras y son pocos los datos existentes sobre los requerimientos de aminoácidos digestibles.

Un estudio realizado en Alemania indica que en gallinas ponedoras la relación de lisina a metionina, treonina y triptófano es de 100:44:76:16, por otra parte en la Universidad de Minessotta se determinó que la necesidad de metionina y cistina digestible es de 300 mg y 245 mg por gallina/día, para una producción óptima de masa de huevo y mantenimiento del peso corporal. Diferentes reportes indican requerimientos para la lisina digestible que fluctúan entre 700 - 750 mg/gallina/día.

La Concentración de aminoácido digestibles en los ingredientes es a menudo menor que la concentración de aminoácidos totales por esto la proteína ideal es el perfil o equilibrio perfecto en términos de concentización en la dieta de los aminoácidos indispensables.

La adición de 0.15 - 0.30% de metionina a dietas que contienen sorgos con altos contenidos de taninos siendo el único cereal en la dieta resulta en ratas de crecimiento similares a aquellas alcanzadas con maíz o sorgos con bajos contenidos de taninos así mismo en la producción de huevos Gualtieri y Rapaccinis S. (1990). El papel de la metionina, la colina, la ornitina y carnitina como donadores de metilos en la metabolización del ácido tánico Rodríguez (1983) obtuvo mejores resultados en dietas con sorgos con un alto contenido de taninos suplementados con proteínas de soya que con aminoácidos cristalinos.

**Tabla 4. RANGO DE NIVELES SUGERIDOS DE INGESTIÓN DIARIA DE AMINOÁCIDOS TOTALES EN GALLINAS PONEDORAS**

AMINOÁCIDO	Mg/día
Lisina	780 -840
<b>Metionina</b>	380-410
Cistina	270-290
Arginina	820-880
Treonina	580-620
Triptófano	170-180
Valina	690-740
Isoleucina	630-680

Fuente. Zaviezo D (1997)

**Tabla 5. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE AMINOÁCIDOS CRÍTICOS EN POLLOS**

GRANOS	MET	CS	LIS	TRE	TRP	ARG	VAL	ILE	LEU
MAÍZ	92	84	81	84	84	92	88	88	94
SORGO TANINOS									
<0.5	94	80	93	82	79	81	87	88	94
0.5-1.0	80	75	78	74	70	78	80	80	84
>1.0	74	67	73	71	66	74	74	74	74

Fuente. Zaviezo D. (1997).

Una característica de los taninos contenidos en los granos de sorgo son los polifenoles que se encuentran en sus envolturas, ellos actúan como factores antinutricionales cuyos efectos varían ampliamente de acuerdo a su composición y grado de polimerización, ellos son conocidos por su bajo valor nutricional, palatabilidad y utilización proteica de las dietas basadas en sorgos ricos en taninos. En el tracto gastrointestinal los taninos son hidrolizados a ácido gálico y parcialmente excretados en la forma de 4-O-metil ácido gálico, la metionina y la colina del alimento como una fuente de grupos metilos para la O-metilación. La disponibilidad de los aminoácidos

depende estrictamente del contenido de taninos. La digestibilidad aparente del sorgo con bajo intermedio y alto contenido de taninos es 73.41 y 22% respectivamente.

Ávila E. Menciona que estudios realizados sobre el efecto de los taninos en el tubo digestivo de pollos, mostraron que al añadir ácido tánico a la dieta se origina desprendimiento de la mucosa del esófago, edema subcutáneo, inflamación del buche y disminución en el tamaño de la bolsa de Fabricio. A mayores concentraciones produce rompimiento de los tejidos del tracto digestivo facilitando a su vez la absorción de los taninos incrementando su toxicidad. Excesos de taninos en la dieta ocasionan excreciones de mucoproteínas, ácido sialico y glucosaminas en heces de animales en experimentación.

En la tabla 6 se aprecian la digestibilidad de los aminoácidos del sorgo que tienen diferentes concentraciones de taninos apreciándose claramente como al aumentar los taninos disminuye la digestibilidad.

#### **4.8. 2 Reacción de Maillard**

La digestibilidad proteica también puede verse afectada por la interacción con algunos carbohidratos reductores como se explica en la reacción de Maillard que se adhieren a los grupos amino libres de las proteínas. Esta reacción es acelerada por el calor y el complejo formado interfiere con la digestión proteica. La enzima digestiva no desprende la unión peptídica adyacente del aminoácido con el carbohidrato. El grupo epsilon del aminoácido lisina es la posición de la estructura proteica a la cual el carbohidrato se adhiere durante la reacción. La enzima digestiva tripsina es muy específica para romper las bandas peptídicas que contienen los grupos carboxilos de la lisina o arginina y los grupos amino alfa de otros aminoácidos. El carbohidrato se une al grupo amino libre de la lisina, interfiere con la habilidad de la tripsina para romper la banda peptídica. La incapacidad para romper las uniones de la lisina que contienen los alimentos hace que se disminuya la digestibilidad proteica.

eso, es probable que la bolsa tenga diversas funciones, y que no se considere como un órgano linfóide primario puro. Owen R (1998).

Cada uno de los pliegues de la bolsa está poblado por 1000 folículos y cada uno de estos es el producto de la diferenciación y la multiplicación de las células inmigrantes, también llamadas prebursales de las cuales llegan unas 10 a cada folículo entre los días 8 y 14 de incubación. Los folículos son poliédricos y están limitados entre sí por una membrana basal y hacia la luz de la bursa están cubiertos por tejido epitelial y coronados por el tejido epitelial asociado a los folículos el cual tiene una gran importancia para el normal desarrollo y funcionamiento de la bursa. Cada uno de los 10 linfocitos precursores que llega al folículo da origen a 10.000 linfocitos B perisféricos o sea que cada folículo contribuye con un millón y cada pliegue con mil millones para entre los 10 a 15 pliegues de la bursa conforman el total de 10.000 millones de linfocitos B que tiene una ave adulta. Algunos linfocitos viajan a la bursa mientras que otros lo hacen al timo. Cada folículo consta de una zona medular y una zona cortical separadas por una membrana basal, aparentemente no existen diferencias entre los linfocitos de uno y otro compartimento. Además de linfocitos en la bursa se pueden encontrar macrófagos y células plasmáticas tanto en la corteza como en la médula Ossa J. (1990).

Antes del paso por la bursa los linfocitos no poseen ninguna capacidad de producción de anticuerpos pero ya en el día 12 de incubación aparecen linfocitos con IgM en el citoplasma y en la superficie lo cual indica que ya están en capacidad de producir esta clase de inmunoglobulinas.

La capacidad de producir inmunoglobulinas IgG se adquiere también en la bursa en el día 21 de incubación y posteriormente aparece la IgA. Las células después de su diferenciación en la bursa no requieren más de este órgano para su posterior diferenciación, esto tiene lugar a nivel de bazo y de otros agregados linfoides perisféricos cuando los linfocitos B se ponen en contacto con los antígenos se adquiere en la bursa pues al momento de la llegada a este órgano los linfocitos precursores no han reareglado los genes de las inmunoglobulinas. El linfocito precursor tiene la información genética necesaria para producir anticuerpos contra todos los determinantes antogénicos posibles, siendo necesario que los genes de las cadenas constantes de las inmunoglobulinas se ensamblen adyacentes a los genes de las cadenas variables, esta cadena variable es la que lleva el fragmento

**Tabla 6. DIGESTIBILIDAD DE LOS AMINOÁCIDOS EN PROTEÍNA DE LOS GRANOS DE SORGO**

<b>SORGO</b>	<b>RS 610</b>	<b>NK 300</b>	<b>BRS04</b>	<b>BR64</b>
<b>% ÁCIDO TÁNICO</b>	<b>0.33</b>	<b>0.50</b>	<b>1.10</b>	<b>1.41</b>
<b>AMINOÁCIDO</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
Asp	82.7	47.3	27.5	37.2
Glñu	84.9	52.9	31.7	26.4
Pro	80.5	52.2	37.4	24.4
Ala	86.1	55.4	20.8	33.0
Val	79.1	14.1	-	15.9
Cis-Gs	77.1	54.9	10.4	34.7
Met	69.3	42.4	45.0	3.5
Ileu	81.1	59.9	30.7	15.6
Leu	86.1	56.3	36.6	25.5
Tyr	83.7	59.1	38.0	19.8
Phe	83.9	53.6	33.9	24.0
Lis	72.3	35.6	46.6	40.5
His	70.7	43.6	55.0	31.7
Arg	80.2	46.6	52.6	34.9
Promedio	79.8	48.2	35.9	26.2

Fuente. Rostagno et al, 1973.

#### **4.9 TRATAMIENTOS PARA REDUCCIÓN DE TANINO EN LOS CULTIVARES DE SORGO**

Para la reducción de los taninos algunos investigadores han empleado 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 (Price y Butter 1978, otros investigadores como Reichert (1980) consiguió obtener una reducción del contenido de taninos disminuyendo a un 70%, el contenido de

materia seca seguidos de una incubación anaerobios a 25°C por dos días, otro como Mitaru (1984) han sometido a ebullición los granos con altos contenidos de taninos, esto tiene efectos dañinos en la calidad de los granos. El remojo de semillas elimina gran cantidad de taninos hasta un 87% mejorando el proceso de adicionar carbonato de sodio. La remoción de los taninos por molido o tratamientos físicos o abrasivos mecánicos de las cubiertas de las semillas propuestas por Chibber (1978) 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, en trabajos de Makkas y colaboradores (1987) 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 Roza (1995) investigo el efecto de los polifenoles en la absorción del hierro, el análisis de los resultados revelo que la presencia de estos compuestos orgánicos disminuía considerablemente la absorción de hierro.

#### **4.10 ANÁLISIS QUÍMICO DE LOS TANINOS**

La cantidad y el tipo de taninos sintetizados por las plantas varia 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 antinutricionales.

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.

## **ANÁLISIS QUÍMICO**

Los análisis de los taninos pueden ser divididos en: colorimétrico, gravimétricos, precipitación proteica y mixtos.

### **\* 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.

### **\* MÉTODO BUTANOL ÁCIDO (BUTANOL HCL) Porter et al 1986.**

Específico para taninos condensados o proantocianidinas. Reacciones tipo endo. El método comprende la catálisis ácida (HCl) depolimerización de taninos condensados en butanol dando un producto antocianidina roja que puede ser detectada por medio del espectrofotometro. Dentro de los

problemas están los polímeros de los taninos son divididos en dimeros o trimeros 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.

\* **MÉTODO VAINILLIN HIDROCLORURO (VAINILLIN HC)** Price et al (1978).

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

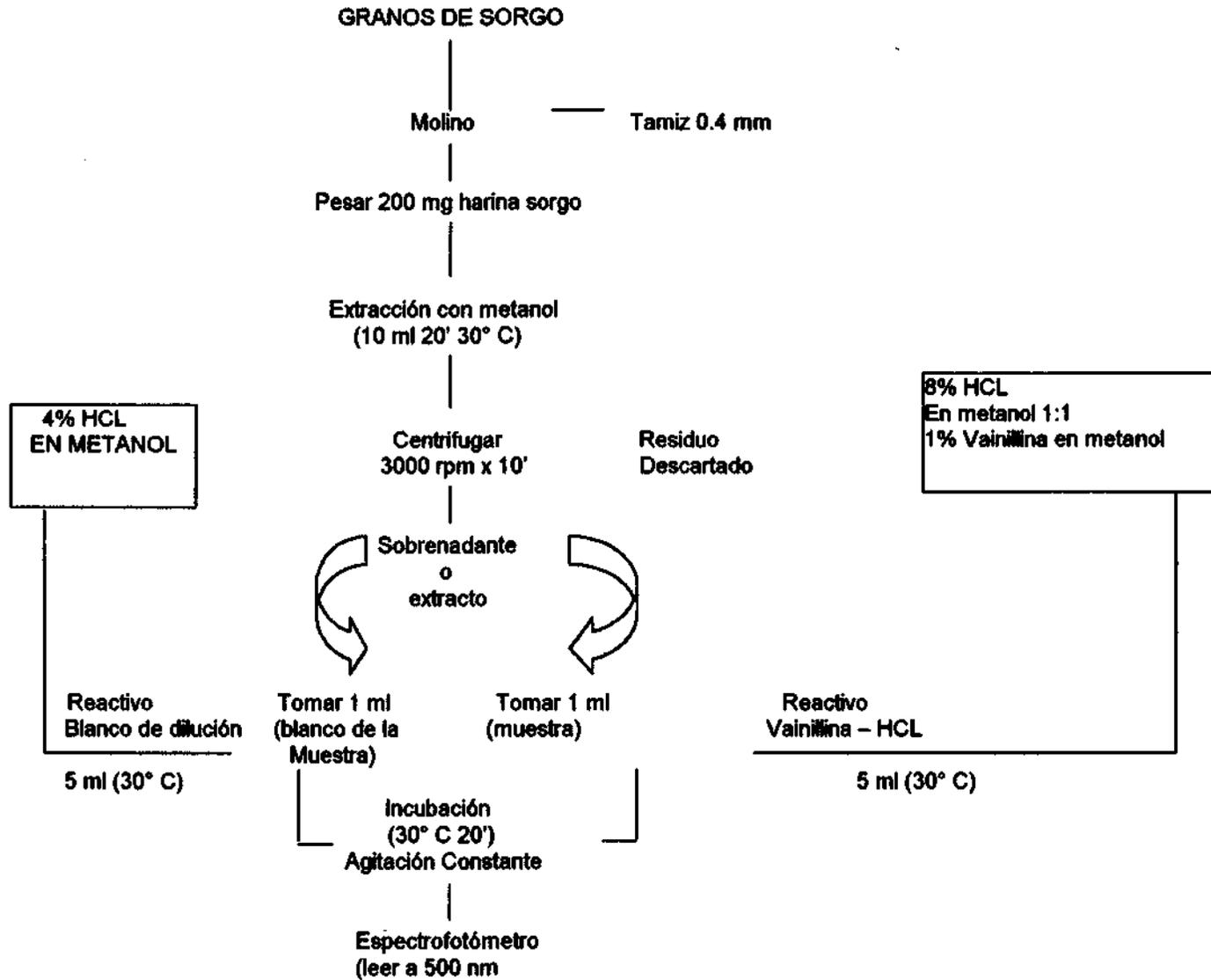
Los flavonoides de bajo peso molecular sobre reaccionan y los grandes polímeros subreaccionan. Los equivalentes de catequín son utilizados como estándar. Este monómero da la densidad aplica máxima conduciendo a la subestimación de grandes polímeros.

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 81994) ver cuadro Jaramillo.

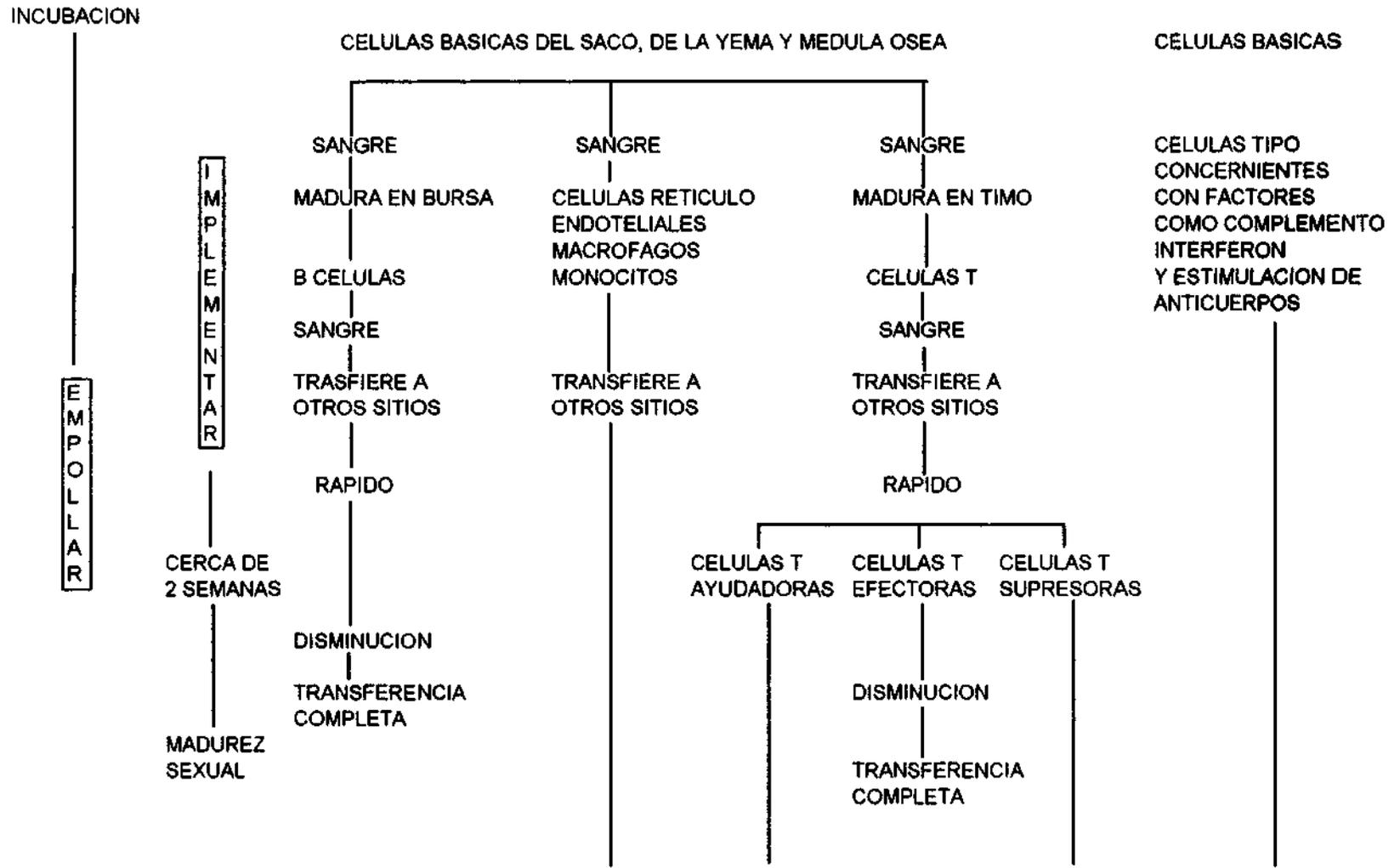
\* **MÉTODO RHODANINE (INOVE Y HAGERMAN 1988)**

Método analítico específico para gallotaninos, 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 PG 1994.

### ESQUEMA DEL METODO DE HIDROCLORURO DE VAINILLINA MODIFICADO (HCL-VM)



Fuente: M. Jaramillo et al. Zootecnia Tropical. Vol XI (2): 129-150.



Otros sitios del cuerpo. Bazo, Sangre, Glándulas Harderianas, Tónsilas cecales, placas de Peyer.

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

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

### \* **MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS**

Método gravimétrico con Ytterbium (Reed et al 1988) 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 repetibilidad en plantas con bajos niveles de taninos.

### \* **MÉTODO GRAVIMÉTRICO CON PVP** (Polivinil Pírolidona) Makkar et al 1995

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.

### \* **MÉTODO DE PRECIPITACIÓN DE PROTEÍNAS** (Hagerman and Butter 1978).

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 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.

\* **MÉTODO DE DIFUSIÓN RADIAL** (Hagerman 1987)

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 pozo 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 calorimétricos.

\* **MÉTODOS COMBINADOS**

\* **MÉTODO DE GINER-CHAVEZ (1996)**

Este método para taninos condensados o Pas el cual combina algunos de los métodos previamente mencionados atendiendo a disminuir o eliminar los problemas principales y reducir el tiempo requerido para los análisis.

Este método consiste en: extracción de taninos de las muestras de tejidos de plantas usando 70% de acetona (método tradicional) aislamiento de taninos condensados utilizando Ytterbium trivalente para preparar el estándar. Análisis de los taninos condensados utilizando el método butanol ácido (método tradicional).

La principal innovación de este método es que en lugar de utilizar estándares externos como quebracho (como sugiere el método de butanol) estándares internos o similares (taninos de la misma planta bajo análisis son los utilizados).

Los estándares externos tienen serias limitaciones por los coeficientes de extensión o cubrimiento para los cromóforos producidos cuando ellos son usualmente diferentes a los obtenidos de los extractos de las plantas.

En otras palabras cada gramo de estándares externos (ejemplo cyanidin o quebracho) tienen una absorción diferente a cada gramo de taninos extraídos de las plantas, sin embargo, la absorción varía con la especie de la planta, la parte de la planta porque además existen una amplia variedad de tipos de taninos presentes en la naturaleza.

En el método de Giner - Chávez los estándares internos son obtenidos de taninos precipitantes con el Ytterbium trivalente como el método de Read's.

En esta forma, aunque no todos los taninos presentes en las plantas son precipitados por Ytterbium trivalente hace posible aislar y cuantificar los taninos para cada planta o grano, los cuales pueden ser utilizados para construir la curva estándar.

Los mismos logros pueden ser alcanzados mediante el aislamiento de taninos con sephadex pero esto toma el doble de tiempo o más ( 4 días vs 2 días).

El uso de estándares internos u homólogos proporcionan una estimación más real que la obtenida con los estándares externos , ejemplo: Usando quebracho el contenido de taninos del *Diosmodium ovalifolium* fue superior a 200% . Sin embargo, los valores fueron 10 veces inferiores cuando los estándares internos fueron usados.

#### **4.11 ESTRUCTURA DEL SISTEMA INMUNITARIO AVIAR**

En las etapas tempranas de la vida fetal las células madres linfoides comienzan a producirse en el peritoneo primitivo, después en el hígado del embrión y en el saco vitelino.

##### **4.11.1 Órganos Linfoides Primarios**

Se llaman así los órganos cuya función consiste en regular la producción y diferenciación de linfocitos timo en los mamíferos y bolsa de Fabricio en las aves y placas de Peyer. Su origen tiene lugar en etapas tempranas de la

vida fetal. El Timo se origina de la tercera y cuarta bolsa faríngea, la bolsa de Fabricio de la unión cloaca dermis, las placas de Peyer de origen endodérmico.

Los órganos linfoides secundarios proceden del mesodermo, aparecen en etapas tardías de la vida fetal y persisten a lo largo de la vida adulta, son ellos el bazo, el GAIL (tejido asociado al tracto gastrointestinal) la glándula Harderiana y la glándula pineal. En la gallina no existen ganglios linfáticos como en los mamíferos solo agregados linfoides organizados en folículos pero sin cápsula, sin hilio y sin vasos linfáticos mayores. Tizard I. (1987).

A nivel gastrointestinal debemos distinguir las placas de Peyer, las amígdalas cecales, algunos agregados linfoides en linodeo y proctodeo y algunos autores consideran que la bursa también pertenece a este conjunto principalmente después del nacimiento cuando se considera que la bursa ya ha cumplido con su función central y sigue siendo un órgano secundario hasta su involución total.

**Tabla 7. COMPARACIÓN DE LOS ÓRGANOS LINFOIDES PRIMARIOS Y SECUNDARIOS**

LINFOIDE	ÓRGANO LINFOIDE PRIMARIO	ÓRGANO SECUNDARIO
ORIGEN	Unión ectodérmica o Endodermo	Mesodermo
ETAPA DE DESARROLLO	Etapa temprana de Vida embrionaria	Etapa tardía de vida fetal
PERSISTENCIA	Involución después de la pubertad	persiste en vida adulta
EFFECTOS DE LA EXTIRPACIÓN	Pérdida de linfocitos y de las respuestas Inmunitarias.	No hay efectos
RESPUESTA A ANTÍGENOS	No responde	Completa reactividad

Fuente: Ossa J. (1990)

## - BOLSA DE FABRICIO

Es un órgano linfoepitelial que se encuentra en las aves pero no en los mamíferos. Se origina en la unión del ectodermo y endodermo a nivel de la región ventral del proctodeo entre los 4 - 5 días de incubación. Como una estructura redondeada en forma de saco. Exactamente en posición dorsal con relación a la cloaca. La bursa está conectada con el exterior a través de un ducto que desemboca en la pared dorsal de la cloaca. Al igual que el timo, la bolsa alcanza su mayor tamaño en el pollo una a dos semanas después de la eclosión, y después experimenta una involución gradual Tizard I (1987).

### \* ESTRUCTURA DE LA BOLSA

La bursa está compuesta de una capa serosa que la recubre en la capa más exterior y dos capas musculares que se disponen perpendicular u oblicuamente una a la otra. La luz del órgano está compuesta por células epiteliales que se disponen en pliegues los cuales existen entre 10 y 15. Al igual que el timo la bolsa está formada de células linfoides "empotradas" en tejido epitelial. Este último reviste un saco hueco, conectado a la cloaca por un conducto. En el interior de este saco se extienden grandes pliegues del epitelio que se orienta hacia la luz, y entre esos pliegues se encuentran dispersos folículos de células linfoides. Cada folículo linfoide se divide en corteza y médula. La corteza contiene linfocitos, plasmacitos y matrofagos. En la unión corticomedular existe una membrana basal y una red capilar dentro de la cual hay células epiteliales. Estas células epiteliales medulares muestran con frecuencia figuras de mitosis, y hacia el centro de la médula parecen reemplazarse por linfoblastos y linfocitos, de manera que el centro del folículo puede aparentar que consta solamente de linfocitos. Tizard I (1987).

Igualmente se pensó que los linfocitos que aparecen en la bursa entre el día 7 y 14 de incubación tenían origen en el mismo tejido epitelial de la bursa o en el saco de la yema, ahora se sabe que estas células se originan en el tejido mesenquimal del embrión y que la migración hacia la bursa y hacia el timo se produce en periodos de tiempo determinados quizás bajo la influencia de factores quimioatóxicos no caracterizados. Ossa J. (1990).

En la gallina el periodo de receptibilidad de la bursa va del día 8 al 14 y en el caso del timo las olas de inmigración duran 36 horas, para el momento de la eclosión la bursa ha sido completamente poblada mientras que el timo todavía es susceptible de ser colonizado por linfocitos. Ossa J. (1990)

### **\* FUNCIÓN DE LA BOLSA**

Este órgano que puede eliminarse, sea por cirugía o infectando a los pollos recién nacidos con un virus que causa la destrucción de ella ( bursopatía infecciosa). Al involucionar el órgano cuando el pollo madura sexualmente, también se provoca atrofia prematura de aquel administrando testosterona. Cuando son bursectomizados, las aves producen muy pocos anticuerpos y desaparecen las células plasmáticas que los producen. Las aves bursectomizadas todavía tienen linfocitos circulantes, y pueden rechazar los injertos heterólogos de piel. Pro esto se puede decir que la bursectomía tiene poco efectos sobre la respuesta inmunitaria medida por células. Estas aves son más susceptibles que lo normal a la leptospirosis y salmonelosis, pero lo a las bacterias contra las cuales es importante la inmunidad medida por células, como por ejemplo el *Mycobacterium avium*. (Bucher G, 1991; Tizard I., 1987).

Se ha interpretado que estos resultados sugieren que la bolsa es un órgano linfoide primario cuya función es servir de sitio de maduración y diferenciación de las células del sistema productor de anticuerpos. Por esta razón, a esas células se les llama linfocitos B. Estudios recientes sugieren otras interpretaciones. Por ejemplo, puede mostrarse que si las células del bazo de un ave bursectomizada en la etapa neonatal se transplanta a un ave normal, se harán que el receptor pierda su capacidad de formar anticuerpos. Esto se debe a que se desarrolla una población de células llamadas supresoras, que suprime, en el animal bursectomizado, la formación de anticuerpos Tizard I (1987).

La bolsa también funciona como un órgano linfoide secundario; es decir, que puede atrapar antígenos y llevar a cabo un cierto nivel de síntesis de anticuerpos. También tiene un pequeño foco de células T, de ubicación exactamente dorsal con relación a la abertura del conducto de la bolsa. Por

que se une al antígeno por lo tanto es la que determina la especificidad, aquí es donde radica la importancia mayor de la bursa de Fabricio.

Cada uno de los 10 linfocitos precursores que llegan a un folículo da origen a 10 especificidades diferentes de esta forma se puede calcular contra cuantos determinantes antigénicos puede reaccionar una gallina, si a cada folículo de 100 especificidades 100.000 por pliegue 1-1.5 millones en toda la bursa siendo este el máximo de anticuerpos diferentes que un ave es capaz de producir Ossa J. (1990).

El ave que inmunológicamente competente dispone de clones de 10.000 linfocitos cada uno, con capacidad de responder cada clon contra un determinante antigénico dado. Estas células en estado de reposo tienen inmunoglobulinas en su superficie y en su citoplasma contra su antígeno correspondiente, pero mientras la célula no se ponga en contacto con ese antígeno esta inmunoglobulina no se produce para exportación fuera de la célula. Estas inmunoglobulinas de superficie sirven de receptores para la interacción entre el linfocito B predominan en la bursa en las glándulas Handerianas constituyéndose en 80% y en las amígdalas cecales 50%.

#### **- PLACAS DE PEYER**

En los animales recién nacidos, o en aquellos que se crían libres de microorganismos, el tejido linfoide del intestino consiste en agrupamientos de linfocitos y de macrófagos en el interior de la mucosa.

Estos agrupamientos están cubiertos por un epitelio característico, delgado, formado por células especializadas, las células M. Estas últimas, que también se encuentran en la bolsa, son capaces de transportar antígenos desde la luz intestinal hacia los tejidos linfoides subyacentes. El aspecto de este tejido linfoide es independiente de la estimulación antigénica, pero bajo la influencia de los antígenos se expande con rapidez y forma las placas de Peyer. Tizard I (1987).

Las células linfoides de las placas de Peyer están separadas de la luz intestinal por una membrana de células M (células con microvelocidades) las cuales permiten el paso de algunas partículas y antígenos que entran en contacto inmediato con los linfocitos a este nivel. Las tonsilas cecales son

dos agregados linfoides que vigilan la entrada de los ciegos y tienen características similares a las de las placas de Peyer. En aves de 12 semanas se encuentra hasta 5-6 placas de Peyer, mientras que en aves mayores se encuentra solamente una placa de Peyer a nivel de la unión ileocecal. La glándula Harderiana contiene un agregado de células plasmáticas siendo en las aves el mayor agregado de células plasmáticas conocido, las células de esta glándula producen un 48% de IgA e IgG (22%). Los investigadores concluyen que esta glándula podría ser un sitio de maduración post bursal de las células B.

#### **\* DIFERENCIACIÓN ENTRE LINFOCITOS B Y T**

Ambos tipos de células se ven idénticos, y no es posible distinguirlos basándose en su morfología. Por eso, es necesario identificar algunas características funcionales que distingan ambas poblaciones celulares para poder diferenciarlas Tizard I (1987).

El mejor método para distinguir entre los linfocitos es identificar los antígenos característicos sobre su superficie. Esto puede hacerse preparando antisueros específicos contra las subpoblaciones de linfocitos. Por ejemplo, se inoculan células tímicas de una determinada especie a un animal de otra especie que responde fabricando anticuerpos antilinfocitos T. Estos anticuerpos pueden unirse químicamente a un colorante fluorescente. Si los linfocitos se sumergen en este antisuero fluorescente, los anticuerpos se unirán solo a las células T. Si la suspensión de células así tratadas se lava y se examina en un microscopio de la luz ultravioleta, los linfocitos T que se habrán unido a anticuerpos fluorescentes, aparecerán teñidos de esa forma (Tizard I, 1987; Ossa J. 1990).

Esta técnica de los anticuerpos fluorescentes también puede utilizarse para identificar los linfocitos B. Se sabe que este tipo de células tienen sobre su superficie moléculas de inmunoglobulina. Utilizando un anticuerpo fluorescente antiinmunoglobulina, obteniendo de un suero realizado de la manera descrita, es posible identificar los linfocitos B en una mezcla de células. Tizard I (1987).

Cuando se aplica de la manera adecuada, la técnica de los anticuerpos fluorescentes es capaz no solo de identificar las células T y B, sino también las subpoblaciones dentro de esos grupos. Por ejemplo, las células T, poseen muchos antígenos de superficie específicas, que se encuentran en disposiciones características en las distintas clases de linfocitos T. Las células B se subdividen basándose en el isotipo de inmunoglobulinas presentes en las superficies (IgM, IgH, IgA, etc). (Butcher G et al 1995; Tizard I,1987).

Un segundo grupo de técnicas que se usan para distinguir entre linfocitos T y B implica la demostración de los receptores característicos presentes en las superficies celulares. Por tanto, los linfocitos T tienen receptores que les permiten unirse a los eritrocitos exógenos, de los cuales carecen los linfocitos B. Si se centrifugan con suavidad linfocitos T de ratón y eritrocitos de oveja en conjunto, y luego se resuspende la solución, los eritrocitos de oveja se unirán a los linfocitos T para formar roceras. Por el contrario los linfocitos B no tienen receptores para los eritrocitos, pero tienen receptores para las regiones Fe de las inmunoglobulinas. Tizard I (1987).

Una tercera técnica para distinguir los linfocitos T de los B, consiste en medir sus respuestas a ciertas proteínas llamadas lectinas. Las lectinas, que vienen de muchas fuentes, en especial de plantas, tienen afinidad por los azúcares de la superficie celular. Como estos glúcidos pueden ser distintos entre las células B y T, algunas lectinas se unen solo a las del primer grupo; otras se unen sólo a los linfocitos B y algunas otras se unen a ambos. Cuando las lectinas se unen a los linfocitos suelen provocar su división. Así, las lectinas llamadas fitohemaglutinas, se derivan de los frijoles en forma de riñón (*Phaseolus vulgaris*) y la concanavalina A que procede de otro tipo de fríjol (*Canavallia ensiformis*) estimulan las células T (y en mucho menor grado a los linfocitos B) para que se dividan. Un mitógeno que procede de la planta de fitolaca americana (*Phytolacca americana*), estimula a ambos tipos de linfocitos. Tizard I (1987).

Otros productos diferentes de las lectinas también pueden tener funciones de los mitógenos sobre los linfocitos: por ejemplo, las endotoxinas

bacterianas estimulan la división de linfocitos B: la vacuna BCG sólo estimula la división de los linfocitos T. (Tizard I, 1987; Butcher et al 1991).

Estas técnicas permiten a los investigadores caracterizar las poblaciones mixtas de linfocitos. Así, puede decirse que en el ratón o en el ser humano cerca del 70% de los linfocitos presentes en sangre periférica son T y alrededor del 25% son B. Los restantes linfocitos no son ni T ni B típicos. Como no se tienen marcadores característicos para ellos se les puede llamar nulos o neutros. Por desgracia, las técnicas descritas se trabajaron primero en ratones y después fueron modificadas para utilizarse en seres humanos. Todavía no está clara la contabilidad de dichas técnicas para distinguir entre linfocitos T y B en los animales domésticos más importantes. La mayor parte de los resultados sugiere que las proporciones encontradas en el hombre y en los roedores, si bien algunos estudios demuestran que el porcentaje de dichas células es mayor. Tizard I (1987).

Es probable que este último resultado sólo sea un reflejo de que las técnicas de que se dispone al presente todavía son inadecuadas. Tizard I (1987).

#### **4.11.2 ÓRGANOS LINFOIDES SECUNDARIOS**

En contraste con el timo y la bolsa, los otros órganos linfoides del organismo proceden del mesodermo, aparecen en etapas tardías de la vida fetal y persisten a lo largo de la vida adulta. Se encargan de la estimulación antigénica, y por esta razón se desarrollan poco en los animales libres de microorganismos. La extirpación de los órganos linfoides secundarios no reduce en forma importante la capacidad inmune del animal. Entre los ejemplos de órganos linfoides secundarios están el bazo, ganglios linfáticos y ganglios linfáticos de las vías digestivas, respiratorias y urogenitales. Dichos órganos son ricos en macrófagos y en células endocrinas, que atrapan y procesan los antígenos, así como en linfocitos T y B, que son los mediadores de las respuestas inmunitarias.

La estructura anatómica global de estos órganos tiene un diseño que facilita la captación de antígenos, y que de las máximas oportunidades a los

antígenos procesados para que sean presentados a las células sensibles a ellos. Tizard I (1987).

## **DESARROLLO DE LOS LINFOCITOS B**

Los linfocitos B se desarrollan a partir de células madre que se originan en la médula ósea, hígado y saco vitelino. Estas células madre están comprometidas, en todas las etapas necesarias, a producir una célula plasmática secretora de anticuerpos. La primera etapa en el desarrollo de los linfocitos B consiste en que en su citoplasma aparecen cadenas pesadas del tipo  $\mu$ . Después, la célula sintetiza cadenas ligeras de inmunoglobulina, que interactúan con las cadenas pesadas del tipo  $\mu$  y forman moléculas monoméricas de tipo IgM. Esas células del IgM se expresan primero en el citoplasma del linfocito B y luego en su superficie, donde están empotradas en la membrana celular. Es un estadio poco posterior de su desarrollo, el linfocito B inmaduro también sintetiza IgD citoplasmática y de membrana. Así, en el momento en que alcanza su madurez, la célula B tiene tanto IgM como IgD. Una vez que estas inmunoglobulinas aparecen en la superficie de la membrana del linfocito B, éste es capaz de responder a los antígenos exógenos. Owen R.(1988).

Hay tres clases de anticuerpos producidos en el aves después de la exposición a un organismo infeccioso IgM, IgG y IgA; las inmunoglobulinas IgM aparecen 4-5 días después de la exposición y desaparecen entre el día 10-12. Las inmunoglobulinas IgG son detectadas después de 5 días alcanzando su pico a las 3 - 3.4 semanas postexposición para luego disminuir lentamente, estos son importantes anticuerpos protectivos medidos por diferentes métodos serológicos. Ossa J.(1990).

## **RECEPTORES DE LOS ANTÍGENOS EN LOS LINFOCITOS B**

Estas células responden a un epitopo específico, porque tienen receptores específicos para ese epitopo en su superficie. Estos receptores son moléculas de inmunoglobulinas fijadas a la membrana celular y ubicadas de manera que aparezcan expuestos sus lugares de fijación de antígenos (Fab), en cuanto que sus regiones Fc están ocultas en la membrana celular. En la superficie de cada linfocito B se encuentra de  $10^4$  a  $10^5$  de estas moléculas receptoras de inmunoglobulinas. En condiciones normales, los

receptores ubicados sobre los linfocitos B que nunca hallaron un antígeno, están formados por IgM e IgD monoméricas. A medida que avanza una respuesta inmunitaria, cambia el isotipo pero no la especificidad de los receptores para los antígenos de un linfocito B. Como todas las moléculas de inmunoglobulina con carácter de receptores de una única célula de tipo B tiene una misma especificidad, un linfocito B individual puede unirse y responder sólo a un único epitopo, contra el cual se orientan sus inmunoglobulinas receptoras. Tizard I (1987).

Los linfocitos B, cada uno de los cuales es específico para un epitopo diferente, se originan al azar de las células madre de la médula ósea. Se ha demostrado que el bazo de un ratón adulto contiene cerca de 2 a 10 linfocitos B, capaces de responder a por lo menos  $10^7$  epitopos diferentes: para algunos de esos epitopos, pueden existir sólo una o dos células capaces de responder; para otros, puede existir varios miles. Ossa J.(1990).

### **RESPUESTA DE LOS LINFOCITOS B AL ANTÍGENO**

La unión del antígeno a una inmunoglobulina receptora de un linfocito B no es suficiente, por sí misma, para desencadenar una respuesta inmunitaria. La proliferación de los linfocitos B está controlada de manera rigurosa, y ocurrirá normalmente si se llenan ciertas condiciones críticas. Ellas consisten en primer lugar en que el antígeno sea procesado por ciertas células, en especial los macrófagos, y presentado al linfocito B mientras está fijado a la superficie celular, y en segundo lugar que ciertos linfocitos T, llamados linfocitos T colaboradores, también puedan responder al mismo antígeno y segregar factores solubles de coloración. Glick B, (1979).

### **AYUDA DE LOS MACRÓFAGOS**

Si bien todos los macrófagos fagocitan antígenos, solamente algunos pueden procesarlos de tal manera que estimulen una respuesta inmunitaria. ( en el ratón, a esos antígenos se les llama Ia. Por desgracia no existe una nomenclatura consistente en las distintas especies). Los macrófagos positivos para los antígenos de clase II permiten a los antígenos exógenos residuales permanecer en la membrana celular, donde son hasta 10 veces más eficaces que los antígenos libres para promover una respuesta inmunitaria. En esta localización, el antígeno exógeno se asocia físicamente

con la molécula de antígeno de clase II. Si bien los linfocitos B reconocen el antígeno exógeno aislado, las células T colaboradoras solo pueden reconocerlo si está asociado con un antígeno de clase II. A medida que presentan el antígeno exógeno al linfocito B, los macrófagos segregan una familia de proteínas llamadas interleucinas I. Tizard I (1987).

La interleucina I es el nombre que reciben dos proteínas (interleucina I alfa e interleucina I beta) con pesos moleculares que varían entre 12000 y 16000 daltons. Los macrófagos las producen de manera espontánea en pequeñas cantidades, y en proporción mucho mayor cuando este tipo de células está activado por sustancias como endotoxinas, bacterias, interferón, complejos antígeno - anticuerpo, concanavalina A o antígenos particulados. Tizard I (1987).

### **AYUDA DE CÉLULAS T**

Cuando este tipo de células encuentra a los antígenos unidos a los macrófagos, ligados a un antígeno de la clase II, en presencia de interleucina I, segregan dos proteínas. Una se llama factor de crecimiento de los linfocitos B (BCGF); la otra, interleucina 2, el BCGF consta de dos moléculas de 17000 y 50000 daltones. Tizard I (1987).

### **RESPUESTA DE LOS LINFOCITOS B**

Una vez que las moléculas de inmunoglobulina receptoras de los linfocitos B, están unidas de manera cruzada con los antígenos exógenos, y que sus receptores para BCGF e IL-2 se encuentran estimuladas el linfocito B pasará a un estado de reposo a uno activado. El linfocito B activado expresa nuevos antígenos de clase II en la membrana celular, sus receptores de superficie se redistribuyen, y el antígeno unido a la membrana se concentra en una pequeña región sobre la superficie del linfocito B. Luego, el antígeno es introducido al interior del linfocito B o liberado en el medio; luego, el linfocito B se divide de manera repetida. A medida que ello ocurre, recibe la influencia de los otros factores solubles secretados por los linfocitos T, llamados factores de diferenciación de los linfocitos B (BCDF). Después de pocos días, la progenie de las células tipo B que respondieron se diferencian

de manera gradual en dos poblaciones, morfológica y funcionalmente diferentes. Las células de una de estas poblaciones adquiere la capacidad de fabricar y de secretar grandes cantidades de anticuerpo. La especificidad de este anticuerpo que existían en el linfocito B original capaz de responder. Estas células productoras de anticuerpos se llaman células plasmáticas. Las células de la población restante permanecen sin cambios estructurales, y funcionan como células de memoria. Ossa J (1990).

### **CÉLULAS PLASMÁTICAS (PLASMOCITOS)**

Como estas células se originan por diferenciación de los linfocitos B es posible identificar morfológicamente una serie de etapas intermedias entre este último tipo celular y los plasmocitos. Estos últimos son ovoides, tienen un diámetro que va desde 8 a 20 micras. Se distribuyen ampliamente en el organismo, pero se concentran en la pulpa roja del bazo, en la médula de los ganglios linfáticos y en la médula ósea. (A pesar de su nombre no se encuentran en el plasma) posee un núcleo redondo ubicado en localización excéntrica cuya cromatina se distribuye de manera desigual, de manera que el núcleo teñido puede parecer una carátula de reloj o una rueda de carro. Tiene un amplio citoplasma, fuertemente basófilo y pirinófilo, como debe ser una célula rica en ribosomas, que es el tipo de lo que producen los anticuerpos. Como estos deben secretarse rápidamente las células plasmáticas también tienen un aparato de Golgi de gran tamaño, que se tiñe de colores claros. Las células plasmáticas sintetizan hasta 300 moléculas por segundo, y en algunas ocasiones este anticuerpo se acumula dentro de las células y forma vesículas, a las que se les llama corpúsculos de Russell. Sin embargo, en condiciones normales, los anticuerpos son secretados por una pinocitosis invertida, poco después de su formación. Como ya se hizo notar, la especificidad de las inmunoglobulinas producidas por estos plasmocitos es idéntica a la del antígeno original receptor, ubicado en la célula B antecesora. Una vez diferenciadas por completo, las células plasmáticas mueren de entre tres a seis días más tarde. Esto se refleja en los niveles séricos de anticuerpos, ya que las inmunoglobulinas producidas por dichas células disminuyen gradualmente debido a su catabolia. (Tizard I 1987; Ossa J, 1990).

## **CÉLULAS DE MEMORIA**

La segunda población de células derivadas de un linfocito B sensible a los antígenos y estimulado, permanece morfológicamente indiferenciada de la célula original. Estos linfocitos tienen receptores de inmunoglobulina cuya especificidad para unirse a los antígenos es idéntica a la de la célula original. Sin embargo, sus isotipos cambian, de IgM a IgG, IgA o IgE. Estas células de memoria viven durante muchos meses o años después de la primera exposición al antígeno. En consecuencia, si se suministra a un animal una segunda dosis de antígeno se encontrará porque se estimularán muchas células sensibles a los antígenos, que serán más que las producidas por la primera dosis. Así pues, una respuesta inmunitaria secundaria es cuantitativamente mayor que una primaria, y la inmunoglobulina producida es principalmente el isotipo IgG, más que del IgM. El período latente es más corto en una respuesta secundaria en comparación con la primera debido a que se producen más anticuerpos ya que los órganos linfoides procesan el antígeno con mayor afectividad. Aún cuando los niveles circulantes de anticuerpos hayan descendido hasta alcanzar cifras insignificantes, puede existir una cantidad suficiente de células de memoria como para dar una respuesta acelerada, llamada anamésica. (Tizard I, 1987; Ossa J, 1990).

## **DESARROLLO DE LINFOCITOS T**

Su crecimiento progresivo podemos seguirlo desde su etapa pretímica, otra en el timo y desde ahí hacia los órganos linfoides secundarios. Puede demostrarse que los receptores de superficie de los linfocitos T y los antígenos de la membrana celular se forman en etapas específicas de ese proceso. Por ejemplo, la enzima terminal desoxinucleotidiltransferasa (TdT) se encuentra en las células pretímicas y en las de la corteza del timo, pero se pierde a medida de que las células maduran y emigran al interior de la médula del timo, y no se encuentran a los linfocitos T maduros presentes en la sangre periférica. En cambio, el receptor de eritrocitos de la oveja (T11) sólo aparece en los linfocitos T a medida que madura el timo, y por esta razón se encuentran en los linfocitos maduros en la sangre periférica. El antígeno de histocompatibilidad de clase II no se observa en todos los linfocitos T inmaduros, y solo se desarrolla en los maduros y activados. En general los timocitos inmaduros, tienen los antígenos T4 y T8, pero pierden uno de ellos cuando dejan el timo. (Tizard I, 1987; Ossa J, 1990).

## **HETEROGENEIDAD DE LOS LINFOCITOS T.**

Cada subpoblación de linfocitos T se caracteriza por sus antígenos de superficie celular y por sus receptores. Así, todos los linfocitos T maduros tienen antígenos T3 en su superficie. Dos terceras partes de los linfocitos T en la sangre tienen antígenos de superficie T4, y cumplen funciones de células colaboradoras. El tercio restante tiene otro antígeno llamado T8, y funciona como células supresoras o como citotóxicas. Estos linfocitos T supresoras tienen receptores Fe para IgG, en tanto que las células T colaboradoras tienen receptores Fe para IgM. Tizard I (1987).

## **RECEPTORES PARA ANTÍGENOS DE LINFOCITOS T**

Si bien los linfocitos B se unen a un antígeno, y responden a él si están en una membrana celular o solución, los linfocitos T solo responden a un antígeno, y responden a él si están en una membrana celular o solución, los linfocitos T sólo responden a un antígeno exógeno cuando está estrechamente asociado con un antígeno de histocompatibilidad de clase I o II, sobre otras células. Tanto linfocitos T como sus células blanco deben tener idénticos antígenos de histocompatibilidad. Por eso, los linfocitos T citotóxicos sólo pueden matar a blancos que compartan con ellos los antígenos de histocompatibilidad clase I. Por el contrario, los linfocitos T colaboradores sólo promoverán una respuesta inmunitaria si el antígeno se presenta a ellos sobre membranas celulares que compartan con él los antígenos de clase II. Así, el receptor para los antígenos de los linfocitos T debe ser capaz de reconocer no sólo el antígeno exógeno, sino también a un antígeno de histocompatibilidad. Por esa razón, estos receptores están formados por varias proteínas diferentes. (Tizard I, 1987; Ossa J. 1990).

Por reconocer antígenos específicos, los linfocitos T deben poseer receptores de membrana, también específicos, para esos antígenos. En el hombre, estas moléculas receptoras se llaman T<sub>i</sub>. El T<sub>i</sub> es una proteína de 90.000 daltons que consta de dos cadenas peptídicas (alfa y beta). Cada cadena se compone de cuatro dominios: dos extracelulares. Uno hidrofóbico transmembranoso y una cola citoplasmática llamada terminal C. La cadena beta muestra una marcada variabilidad en la secuencia de aminoácidos en su terminal N, y es probable que juegue un papel de gran importancia en la captación del antígeno. Por otro lado la cadena alfa tiene una variabilidad de secuencia relativamente pequeña, y es probable que juegue un papel de

gran importancia en la cantidad del antígeno sea menor que la de la cadena beta. Una tercera cadena vinculada con el receptor de linfocitos T recibe el nombre de cadena gama; no se conoce su función. Los estudios sobre los genes que codifican la cadena beta muestran que hay dos genes para las regiones constantes (C beta), un conjunto de genes para una región J y una región D, y menos de 30 genes para las regiones variables. El lugar de captación de los antígenos sobre la cadena beta deriva su estructura de las secuencias variables de aminoácidos en el dominio terminal. La variabilidad en dicha secuencia parece ser por completo a la diversidad de recombinación entre los múltiples genes V, D y J y no a mutaciones somáticas. Tizard I (1987).

#### **4.11.3 EL SISTEMA INMUNE SECRETORIO**

Las mucosas representan la mayor superficie del organismo expuesta al contacto con el medio ambiente y consecuentemente son la principal puerta de entrada para el mayor número de infecciones.

La particularidad mayor tiene que ver con el predominio de IgA llamada secretora que es un polímero de IgA unido por una cadena J y provisto de una cadena secretora que le confiere resistencia contra las proteasas, presentes a este nivel. Las células B que hacen contacto con el antígeno a nivel de las mucosas viajan por los conductos linfáticos hasta la circulación sanguínea a través del ducto torácico. De la circulación las células regresan a las mucosas en forma dirigida mediante receptores especiales que se encuentran presentes solo a nivel del endotelio en el área de las mucosas. En las aves además de la producción local de IgA existe un mecanismo peculiar que permite la filtración a nivel de hígado de las inmunoglobulinas. A del suero y la concentración de la misma en la vesícula biliar llegando a ser este hasta 10 veces más concentrada en la bilis que en el plasma. Aunque no son las células plasmáticas productoras de IgA y la IgA los únicos elementos de la inmunidad secretora también se encuentran a este nivel linfocitos T, macrófagos, polimorfonucleares, mastocitos y células NK. Ossa J. (1990).

Las inmunoglobulinas A aparecen 5 días después de la exposición estos anticuerpos se encuentran principalmente en las secciones mucosas de los ojos, intestinos y tracto respiratorio al cual proporciona una protección local.

Trabajos de Michelle M and Guernsey L (1995) encontraron que los taninos condensados del algodón aumenta la producción de ácido araquidónico de los macrófagos alveolares en el conejo y de las células del epitelio traqueal bovino inhibiendo la subsecuente.

El ácido araquidónico liberado por los taninos condensados son parcialmente metanolizados por la ruta de la ciclooxigenasa no siendo mediada su liberación por la fosfolipasa C, pudiendo ser mediada por otras fosfolipasas incluyendo la fosfolipasa AZ su patrón de referencia de liberación es similar a la observada con la bradiquinina.

#### **4.11.5 EMBRIOLOGÍA DEL INTESTINO**

El endodermo del intestino primitivo origina el revestimiento epitelial de la mayor parte del tubo digestivo y los conductos biliares, junto con el parenquima de sus glándulas, que incluyen hígado y páncreas. El epitelio en los extremos craneal y caudal del aparato digestivo deriva del ectodermo de estomodeo y proctodeo respectivamente. Los componentes musculares y de tejido conjuntivo del aparato digestivo provienen del mesenquima esplánico que rodea al intestino primitivo.

El intestino anterior origina faringe aparato respiratorio inferior, esófago, estómago duodeno (próxima a la abertura del conducto biliar) hígado, páncreas y aparato biliar, la tráquea y el esófago tienen un origen común en el intestino anterior. Moure Peersaud (1996).

El páncreas se forma a partir de las yemas pancreáticas dorsal y ventral; que se originan del recubrimiento endodérmico del intestino anterior, intestino medio origina el duodeno (distal al colédoco) intestino delgado y ciegos pueden persistir diversos remanentes de tallo vitelino, son comunes los divertículos ileales (Meckel).

Intestino caudal forma parte de recto y parte superior del conducto anal. La porción inferior de este último se desarrolla a partir del proctodeo. La parte caudal del intestino caudal, que se conoce como cloaca siendo dividida por el tabique urotectal en el seno urogenital y el recto. Moure Peersaud (1996).

La capacidad del sistema inmune del ave para reaccionar contra una gente infeccioso es el mecanismo por el cual se logra controlar. La inmunidad surge de dos sistemas, la primera es la producción de anticuerpos que circulan en el caudal sanguíneo ( inmunidad humoral) para interceptar y neutralizar agentes infecciosos e impedir su traslado a órganos vitales. El desarrollo de este tipo de protección exige un tiempo 2-3 semanas para que aumente la concentración de anticuerpos. El segundo mecanismo la inmunidad mediada por células para el caso de New Castle provisto por células situadas en la superficie epitelial del tracto respiratorio e intestinal. (Villegas P, 1990; Hitchner B, 1993).

La inmunidad humoral para la enfermedad de New Castle puede ser medidas por pruebas como la Inhibición de la hemoaglutinación (HI), de Elisa, inmuno ensayo con enzimas asociadas, el HI aprovechando la capacidad del virus de New Castle para hemaglutinar glóbulos rojos de aves. Estas pruebas nos permiten estimar la integridad del sistema inmunológico del ave para reaccionar ante un agente infeccioso comparando los valores obtenidos de las diferentes pruebas. Con relación a la enfermedad del gumboro con las pruebas de Elisa permite establecer si las aves han estado en contacto con virus de campo o virus vacunal teniendo en cuenta las diferentes diluciones serológicas y la lectura espectrofotométrica con una densidad óptica determinada. Avellaneda G (1998).

Las aves pueden ser inmunosuprimidas por una serie de agentes infecciosos y tóxicos como son el virus de Marek, virus infeccioso de la bolsa de Fabricio, virus de la leucosis aviar, virus de la anemia infecciosa aviar, coccidias y agentes tóxicos como micotoxinas. Avellaneda G (1998).

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA ADQUISICIÓN DE LOS CULTIVARES DE SORGO**

### **\* ÁREA DE RECOLECCIÓN**

Con el objetivo de relacionar los diferentes contenidos de taninos condensados expresados en equivalentes de catequina (% E.C) de las diferentes zonas del país ubicadas en el territorio nacional y reconocidas como las zonas de mayor extensión en cultivo de sorgo (Fenalce, 1995). Se recolectaron en el primer semestre de 1997 los cultivares de sorgo de seis (6) localidades (Montería, Codazzi, Cúcuta, Meta, Valle del Cauca y Aguachica), obteniendo un total de treinta y dos (32) muestras analizadas que representan veintiuno (21) cultivares diferentes.

### **\* SELECCIÓN DE LOS CULTIVARES**

Para la selección de los cultivares de sorgo se tuvieron en cuenta aquellos que atendiendo a las condiciones y parámetros requeridos por los objetivos del trabajo se seleccionaron de las diferentes regiones del país con mas importancia. (Tabla 8)

### **\* TRABAJO DE CAMPO**

Cada cultivar de sorgo fue solicitado en colaboración de las diferentes regionales del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y trasladado a la ciudad de Bucaramanga para ser analizado. Para lo cual se dispuso y se tuvo en cuenta las siguientes condiciones,

- a) La identificación exacta de cada cultivar.
- b) Su ubicación geográfica
- c) Adquisición de las cantidades necesarias para desarrollar los análisis de laboratorio para la determinación de taninos condensados.
- d) Para el traslado de la muestra al laboratorio se tomo un kilo de cada cultivar de sorgo el cual se empaco en bolsas de papel lo más hermético posible y conservadas en frío, con el objetivo de evitar alteraciones o cambios que puedan afectar los análisis de laboratorio.

**TABLA 8. MUESTRAS RECOLECTADAS DE SORGO**

<b>LOCALIDAD</b>	<b>CULTIVAR</b>
MONTERÍA	BR67 DK65 SINUPAR -2R HIBRIDO 989 BR67
CODAZZI (CESAR)	P8171 SINUPAR 2R SINUPAR 2R SNH-301 ICA MOTILONIA
CÚCUTA	GUAPO ST CHAGUARAMA EXPRO 7240 PIONER 8187
META	ICAIMA GUAPO SAVANNA-5 SORGHICA CHAGUARAMA ICAIMA
VALLE DEL CAUCA	ICI-730 HW-1758 HW-1758 DK2600 DK65 D61 ICI 737 ICAIMA
AGUACHICA (SUR DEL CESAR)	PIONNER ICAIMA SINUPAR ST GUAPO

**\* TRABAJO QUÍMICO**

La determinación de los taninos condensados en (% E.C) en los cultivares de sorgo (Tabla 11) Se desarrollo por el método químico de vainillin HCl modificado por Price et al., (1978). (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995.) ya que es el análisis más utilizado a nivel mundial para la determinación y fue implementado en el laboratorio de control de calidad de la planta de alimentos balanceados Solía S.A.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS EN LAS PRUEBAS DE BALANCE**

### **\* ÁREA DE ESTUDIO**

Para la realización de las pruebas de balance para determinar proteína verdadera corregida por nitrógeno y energía metabolizable verdadera para balance de nitrógeno cero (0) se utilizó la metodología propuesta por Sibbald en 1976. La parte experimental se desarrollo en el municipio de Rionegro, situado a 500 m.s.n.m, con una longitud norte de 7°, 22' y una latitud occidente de 73° 10', temperatura promedio de 26°C y una humedad relativa de 82%. En las instalaciones de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, granja Salamaga.

### **\* SELECCIÓN DE ANIMALES Y SORGO**

Para los ensayos de balance se utilizaron machos reproductores (50 gallos) de la línea Delta XL de peso uniforme (1720 gr./ave) y con 58 semanas de edad. Provenientes de las granjas de reproductoras de la Incubadora Santander S.A.

Los cultivares de sorgo a utilizar tanto en las pruebas de balance, como los usados en los ensayos biológicos (pollos y gallinas); Se recolectaron de las plantas de alimentos balanceados del departamento de Santander, buscando que las muestras tomadas fueran representativas y además de cultivares de sorgo tal como los usa en sus dietas buscando tres niveles de taninos (alto, medio, bajo) medidos por análisis químico por el método de vainillina HCl en donde los equivalentes de catequina (% E.C.) se encontrarán así: nivel bajo entre mayor que cero y menor que 1 (% E.C), nivel medio iguales a 1 a menores de 2 (%E.C), nivel alto mayores de 2 (% E.C). Esta clasificación fue determinante en el diseño experimental para todas las pruebas con los animales, ya que los tratamientos se conformarán de acuerdo a esta clasificación.

### **\* TRABAJOS DE CAMPO**

**Para las pruebas de balance**

Se tomaron 50 gallos los cuales se pesaron individualmente para comprobar la uniformidad en el peso, luego se distribuyeron al azar, colocándolos en jaulas metálicas (43 x 47 x 26 cm.), e identificando cada jaula con números consecutivos hasta cincuenta (50). Para luego iniciar el acostumbramiento (8 semanas) de los animales experimentales a la intubación y manejo en general tanto como del personal que realizó la prueba, con el objetivo de que no se presentaran inconvenientes con los animales en el desarrollo del ensayo.

Cada jaula se dotó de un bebedero artesanal fabricado de un recipiente plástico (12 cm de altura, 8 cm de diámetro), un comedero de lamina de zinc (12 x 8 cm) y una bandeja recolectora de heces, cuyas dimensiones fueron ligeramente superiores a las de jaulas (35 x 55 cm.), con la finalidad de recolectar las heces. La primera fase de la metodología propuesta se inició con el ayuno durante 48 horas con la finalidad de garantizar el vaciado total del tracto digestivo. Posteriormente, concluido el período de ayuno, se tomaron 25 gallos escogidos al azar de los 50 disponibles, se les suministro 40 gramos de la muestra (sorgo maíz y soya) a través de un proceso de intubación, utilizando un embudo también artesanal fabricado con un embudo unido a una manguera plástica transparente que se introdujo en el esófago hasta la entrada del buche, previa comprobación de la ubicación se introdujo la muestra ayudándose de un mandril que circula por el interior de la manguera. Seguidamente se colocaron las bandejas de recolección de heces. Además se registró la hora en la cual se inició el ensayo. Para finalizar a las 48 horas que es el tiempo requerido, una vez finalizado este período las excretas se tomaron para hacer un pool de 5 muestras identificando número de los gallos y de muestra, obteniéndose cinco repeticiones por tratamiento para luego ser pesadas y colocadas en estufa a 70 ° C durante 72 horas para la determinación de materia seca. Posteriormente se molieron y fueron conservadas en recipientes plásticos para luego realizarles los análisis respectivos. Para la determinación de nitrógeno endógeno se emplearon los otros 25 gallos que no fueron entubados y permanecieron en ayuno durante la duración total del ensayo (96 horas). Por la falta de material experimental se hicieron ensayos corridos en el tiempo para lo cual también se tuvo en cuenta que los gallos que se intubaban para la próxima corrida de la metodología no fueron intubados para la segunda y así sé continuo alternativamente.

para la determinación de la digestibilidad del nitrógeno:

Se determinó nitrógeno por el método de Kjeldhal para las muestras (sorgo, maíz, soya ) así como también para cada pool (5 gallos) de excretas corrigiéndolas por ácido úrico metodología propuesta Por Terepstra y de Hart. (1974)

**Para calcular la proteína digestible aparente.**

$$P.D.A = \frac{(NI - NESU)}{NI} \times 100.$$

**Para calcular la proteína digestible verdadera :**

$$P.D.V = \frac{[(NI - (NESU - NMF))]}{NI} \times 100.$$

NI = Nitrógeno ingerido en gramos

NESU = Nitrógeno excretado corregido por nitrógeno úrico en gramos

NMF = Nitrógeno metabólico fecal corregido por nitrógeno úrico en gramos

**Para la determinación de energía metabolizable aparente y verdadera y corregida por nitrógeno.**

Se determinará en la bomba calorimétrica adiabática por duplicado el contenido en kilocalorías de la harina de sorgo, así como para cada pool (5 gallos) de excretas recolectadas.

**Para calcular energía metabolizable aparente: (EMA).**

$$EMA \text{ (kCal/Kg MS)} = \frac{EI \text{ (kCal)} - EE \text{ (kCal)}}{MS \text{ (Kg)}}$$

**Para calcular Energía metabolizable aparente corregida por nitrógeno:**

$$EMAn \text{ (kCal/Kg. MS)} = \frac{EI \text{ (kCal)} - \{EE \text{ (kCal)} + [\pm ENR \text{ (kCal)}]\}}{MSI \text{ (Kg)}}$$

**Para calcular energía metabolizable verdadera: (EMV)**

$$\text{EMV (kCal/Kg. MS)} = \frac{\text{EI (kCal)} - \{ \text{EE (kCal)} - \text{EEEnd (kCal)} \}}{\text{MSI (Kg.)}}$$

**Para calcular energía metabolizable verdadera corregida por nitrógeno**

$$\text{EMVn (kCal/Kg. MS)} = \frac{\text{EI (kCal)} - \{ \text{EEn (kCal)} - \text{EEEndn (kCal)} \}}{\text{MSI (Kg.)}}$$

**EI = Energía Ingerida.**

$$\text{EI} = \text{EBa} \times \text{MSI}$$

$$\text{EBa} = \text{Energía bruta del alimento (kCal/Kg. MS).}$$

$$\text{MSI} = \text{Materia seca ingerida (Kg.)}$$

$$\text{MSI} = \text{Alimento consumido} \times \frac{(\%) \text{M. S del alimento a } 105^{\circ}\text{C}}{100}$$

**EE = Energía excretada**

$$\text{EE} = \text{Energía bruta de heces} \times \text{MSe } 105^{\circ}\text{C}$$

$$\text{MSe} = \text{Materia seca excretada.}$$

$$\text{MSe} = \text{MSTe} \times \text{Msh } 105^{\circ}\text{C.}$$

$$\text{MSTe} = \text{Materia seca total excretada en gramos.}$$

$$\text{MSTe} = \text{Peso heces húmedas (gr.)} \times \frac{\% \text{ Materia seca a } 70^{\circ}\text{C}}{100}$$

$$\text{Msh} = \text{Materias secas de heces a } 105^{\circ}\text{C}$$

**ENR = Energía aportada por el nitrógeno retenido**

$$\text{ENR} = \text{NI (gr)} - \text{NE (gr)} \times 8.22 \text{ (kCal/gr)} \times 1 \text{ gr. de proteína aporta } 8.22 \text{ kCal.}$$

$$\text{NI} = \text{Nitrógeno ingerido}$$

$$\text{NI} = \text{NA (\%)} \times \frac{\text{MSI (gr.)}}{100}$$

$$\text{NA} = \text{Nitrógeno en el alimento.}$$

$$\text{NE} = \text{Nitrógeno excretado.}$$

$$\text{EN} = \text{NTh (\%)} \times \frac{\text{Mse (gr.)}}{100}$$

$$\text{Nth} = \text{Nitrógeno total en las heces}$$

**EEEnd= Energía excretada de origen endógeno**

EEEnd= EBh (kCal/Kg. MS) x MSe a 105 °C

EBh = Energía bruta de las heces

**EEEndn= Energía excreta de origen endógeno corregida por nitrógeno endógeno**

EEEndn= EEEnd (kCal) - EeNEnd (kCal).

EeNEnd= Energía aportada por los gramos de nitrógeno endógeno excretado.

EeNEnd= Ne (gr.) x 8.22 (kCal/gr).

En = Nitrógeno excretado de origen endógeno en gramos.

Las formulas para los diferentes cálculos antes citados están propuestas dentro del desarrollo de la metodología de sibbald (1976) para las pruebas de balance

**\* DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizo un diseño completamente aleatorio con tres (3) tratamientos y cinco (5) repeticiones en donde cada unidad experimental estará representada por cinco (5 gallo). Se debe tener en cuenta que por la escasez de material experimental (gallos) era necesario desarrollar experimentos distribuidos en el tiempo, con un intervalo de 8 días entre una prueba (tratamiento) y otra. Para el análisis de resultados se hará por medio de un análisis de varianza y pruebas de medias por el método de Tukey (Steel y Torrie, 1980). utilizando un paquete estadístico para computador llamado STATISTIX 4.0

**\* ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

El modelo estadístico usado para el análisis completamente al azar fue:

$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$

$Y_{ij}$ : A la observación en el i-esimo tratamiento en la j-esima repetición.

$\tau_i$ : i-esimo tratamiento.

$\epsilon_{ij}$ : Error en el i-esimo tratamiento en la j-esima repetición.

HIPÓTESIS:

$H_0 = T_i = T_j$

$H_a = T_i \neq T_j$

Los tratamientos serán:

**Tratamiento 1:** Formado por aquellos cultivares en los cuales su contenido de taninos condensados se encuentre entre el rango de cero(0) a menores de uno (1). Determinados por el método de vainillina HCl modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 0.17 ( % E.C).

**Tratamiento 2:** Formado por aquellos cultivares en los cuales su contenido de taninos condensados se encuentre entre el rango de iguales a uno (1) a menores o iguales a dos (2). Determinados por el método de vainillina HCl modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 1.64 (%E.C)

**Tratamiento 3:** Formado por aquellos cultivares en los cuales su contenido de taninos condensados se encuentre entre el rango de mayores de dos (2). Determinado por el método de vainillina HCl modificado por Price et al (1978) (Norma Venezolana Covenin Número 3179 de 1995) y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 3.24 (% E.C). Además se realizaron dos tratamientos adicionales

**Tratamiento 4:** formado por la harina de maíz a utilizarse en las pruebas biológicas con pollos de engorde y gallinas de postura.

**Tratamiento 5:** formado por la torta de soya a utilizarse en las pruebas biológicas con pollo de engorde y gallinas de postura.

El objetivo de los tratamientos 4 y 5 es con la finalidad de hacer más exacta la estimación de la energía metabolizable verdadera en el balanceo de las dietas experimentales.

## \* ANÁLISIS QUÍMICOS

**Análisis bromatológico.** Por medio de estos análisis se determinaron los siguientes parámetros: humedad, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, materia seca, y extracto libre de nitrógeno. Para cada nivel de taninos en sorgos (alto, medio y bajos) como también para las muestras de maíz, soya y para los treinta (30) pool de heces de las pruebas de balance.

**Determinación de taninos condensados.** Para la determinación de taninos condensados se utilizo el método de análisis químico de vainillina HCl modificado por (Price, et al 1974), por la cual se realizaron las pruebas a los diferentes cultivares de sorgo para cada localidad (tabla 1 1 ) y a los sorgos a utilizar en las pruebas biológicas para estos se busco que se encontraran entre los rangos requeridos para cada nivel (bajo, medio, alto), siendo de 0,17 (% E.C), 1.64 (% E.C), 3.24 (% E.C) respectivamente. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

**Determinación de energía bruta.** Para la determinación de la energía bruta se utilizó una bomba calorimétrica adiabática, en la cual se analizaron las muestras de harina de sorgo en los niveles alto, medio y bajo, además las muestras de heces de los gallos que se utilizaron para las pruebas de balance, cada muestra se analizó por duplicado.

Importante tener en cuenta que todos los análisis realizados están de acuerdo a lo dispuesto por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC)1984.

## **7. MATERIALES Y MÉTODOS PARA LAS PRUEBAS BIOLÓGICAS CON LAS AVES**

### **\* ÁREA DE ESTUDIO**

Las pruebas biológicas con pollo de engorde se desarrollaron dentro del departamento de Santander pero fuera del sur pero fuera del área avícola o zona de influencia, en el municipio de Rionegro, vereda Misiguay ubicado a 950 m.s.n.m. con una temperatura promedio de 17°C y una humedad relativa de 80%. Por bioseguridad las pruebas biológicas con gallinas de postura se realizaron en el municipio de Rionegro en la vereda Llano de palmas ubicada a 800 m.s.n.m con una temperatura promedio de 21°C y una humedad relativa 82%.

### **\* SELECCIÓN DE LOS ANIMALES**

Para las pruebas biológicas con pollo de engorde: se utilizaron 240 pollitos de un día de nacidos de la línea Arbor Acres teniendo en cuenta que fueran de una mismo lote de reproductoras.

Para las pruebas biológicas con gallinas de postura: se utilizaron 300 gallinas de la línea ISA Brown de peso uniforme y de 22 semanas, los animales se seleccionaron de un lote de gallinas de 10.000.

### **\* TRABAJO DE CAMPO**

Para pollos de engorde: se realizaron dos (2) ensayos los cuales se recibieron en la forma convencional de acuerdo a las prácticas adoptadas por los productores, con el fin de no exceder el manejo lo cual pudiera afectar los resultados. Para la recepción del pollito se utilizaron camas de tamo de arroz y calefacción por 15 días con criadoras para gas para garantizar un ambiente adecuado y se desarrollaron planes de vacunación de acuerdo a la zona contra New Castle, Bronquitis, además de las prácticas de manejo adecuadas para asegurar el buen desempeño productivo. Se debe tener en cuenta que los animales iniciaron el ensayo una vez cumplida la segunda semana de vida, tiempo que también sirvió como período de adaptación para luego ser distribuidos al azar teniendo en cuenta su peso individual.

La alimentación de estos animales se hizo de acuerdo a las formulaciones teniendo en cuenta los tratamientos de los ensayos y requerimientos de la industria avícola nacional (Tabla 9 ) más no por los requerimientos NRC. Las dietas se elaboraron en la fabrica de alimentos balanceados; concentrados rueda y los parámetros utilizados fueron:

Proteína: entre un rango de 19.5% a 20.5% por kilo de alimento.

Energía: entre un rango de 2850 a3050 kCal de E.M/Kg. de alimento.

Lisina: entre un rango de 1.075% a 1.088% por kilo de alimento.

Metionina: entre un rango de 0.443% a 0.4492% por kilo de alimento.

Calcio: un valor promedio para todas las dietas de 0.9%/Kg de alimento.

Fósforo: un valor promedio para todas las dietas de 0.5%/Kg de alimento.

Ensayo 1: no se utilizo ninguna vacuna contra alguna enfermedad

Ensayo 2: Se les aplico una vacuna vía ocular contra la enfermedad de New Castle a los 10 días pero no se revacunó

Para gallinas de postura: se tomaron gallinas de 22 semanas las cuales contaban con un plan de vacunación completo aplicado normalmente en las zonas avícolas. Por lo cual no se realizo ninguna vacunación durante el periodo de prueba que fue de 15 semanas.

Para la alimentación se tuvo también en cuenta para la formulación no los requerimientos NRC sino los parámetros utilizados por la industria nacional. Ver (tablas 10).

#### **\* DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se utilizo un diseño experimental completamente aleatorio con cuatro (4) tratamientos y cuatro (4) repeticiones tomando como una unidad experimental quince (15) aves. Se debe tener en cuenta que se hizo el mismo diseño para cada uno los dos ensayos con pollo como para el ensayo con gallina ponedora. Los datos tomados en estas pruebas se analizaron por

medio de un análisis de varianza y pruebas de media por el método de Tukey (Stell y Torrie, 1980). utilizando un paquete estadístico para computador llamado STATISTIX 4.0

**\* ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

El modelo estadístico usado para el análisis completamente al azar fue:

$$Y_{ij} = \mu_i + E_{ij}$$

$Y_{ij}$ : A la observación en el i-esimo tratamiento en la j-esima repetición.

$\mu_i$ : i-esimo tratamiento.

$E_{ij}$ : Error en el i-esimo tratamiento en la j-esima repetición.

HIPÓTESIS:

$$H_0 = \mu_i = \mu_j$$

$$H_a = \mu_i \neq \mu_j$$

Descripción de tratamientos para las pruebas con pollos de engorde:

Tratamiento 0: (Testigo). Dieta basal (Maíz, soya) contenido de taninos condensados en (%E.C). Cuyo valor fue de cero (0).

Tratamiento 1: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentren entre el rango de mayores que cero (0) a menores que uno (1). equivalentes de catequina. Determinados por el método de vainillina HCl modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995) y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 0.17(%E.C)

Tratamiento 2: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentre entre el rango de iguales a uno (1) a menores o iguales a dos (2). Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 1.64 (%E.C)

Tratamiento 3: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentre entre el rango de mayores de dos (2) Equivalentes de catequina. Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 3.24 (%E.C)

En todos los tratamientos anteriores las dietas elaboradas fueron balanceadas dentro de los parámetros utilizados por la industria avícola Colombiana, según la empresa Nutrición Técnica (NUTEC) la cual balancea dietas a varias empresas de fabricación de alimentos balanceados.

#### \* EVALUACIÓN DE RESULTADOS

Parámetros productivos de pollo de engorde:

Peso vivo.

Peso en canal.

Consumo promedio:

$$\frac{\text{kg de alimento/ave}}{\text{número de pollo final}}$$

Conversión de alimento:

$$\frac{\text{consumo kg/ave}}{\text{Peso vivo kg./ave}}$$

Eficiencia alimenticia:

$$\frac{\text{peso kg./ave}}{\text{conversión}} \times 100$$

Índice de eficiencia Europeo (índice productivo corregido)

FEEP=  $\bar{X}$  peso vivo / días de engorde / conversión X % supervivencia X10000

Porcentaje de supervivencia.

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de pollos finales}}{\text{N}^\circ \text{ de pollos iniciados}} \cdot X 100$$

Parámetros productivos para las gallinas de postura

Masa de huevo

Producción semanal de huevo

Conversión por docena de huevo.

$$\frac{\text{Consumo semanal de alimento /kg.}}{\text{Docenas de huevo semanal}}$$

**TABLA 9. DIETAS CALCULADAS TAL COMO SE OFRECIERON  
PARA POLLOS DE ENGORDE**

<b>DIETAS</b>	<b>% PROT</b>	<b>EMVn/Kg.</b>	<b>%CALCIO</b>	<b>%FÓSFORO</b>	<b>%LISINA</b>	<b>%METIONINA</b>
MAÍZ	20,59	3072,875	0,91	0,497	1,088	0,4492
SORGO NIVEL BAJO	19,31	3066,81	0,9	0,5	1,075	0,443
SORGO NIVEL MEDIO	19,54	2939,44	0,9	0,5	1,075	0,443
SORGO NIVEL ALTO	19,68	2818,145	0,9	0,5	1,075	0,443

**TABLA 10. DIETAS CALCULADAS TAL COMO SE OFRECIERON  
PARA GALLINAS DE POSTURA**

<b>DIETAS</b>	<b>%PROT</b>	<b>EMVn/Kg.</b>	<b>%CALCIO</b>	<b>%FÓSFORO</b>	<b>%LISINA</b>	<b>%METIONINA</b>
MAÍZ	16,9	2741,09	3,962	0,5051	0,877	0,405
SORGO NIVEL BAJO	16,67	2671,2	3,899	0,5258	0,8648	0,3921
SORGO NIVEL MEDIO	16,329	2537,76	3,899	0,5258	0,8648	0,3921
SORGO NIVEL ALTO	16,456	2410,68	3,899	0,5258	0,8648	0,3921

## **8. MATERIALES Y MÉTODOS EN LAS PRUEBAS INMUNOLÓGICAS**

### **\* ÁREA DE ESTUDIO.**

Se desarrollaron en el mismo sitio y con los animales en los cuales se realizaron las pruebas biológicas con los pollos de engorde.

### **\* TRABAJO DE CAMPO.**

Para los pollos de engorde:

Para los ensayos 1 y 2. Se tomaron diez (10) muestras al azar de cada unidad experimental formada por quince (15) pollos en cada uno de los cuatro (4) tratamientos y de cada una de las cuatro (4) repeticiones. Se hizo a los 21 y 42 días de edad de los pollos, para un total de 320 muestras de sangre, a las cuales se les realizó las pruebas de Elisa para la enfermedad de Gumboro y pruebas de inmunoaglutinación (HI) para la enfermedad de New Castle.

También se tomó muestras un pollo al azar para extraer la bolsa de Fabricio a los 21 y 42 días de edad para cada uno de los cuatro (4) tratamientos en cada una de sus cuatro (4) repeticiones para un total de 32 muestras a realizarles las pruebas de histopatología, utilizando las técnicas de tinción con Hematoxilina-Eosina y PAS-Alcian blue. Con el fin de evaluar el daño histológico a estas estructuras que se hubiera podido ocasionar por el efecto de los taninos condensados.

También se tomó el peso y talla de la bolsa de Fabricio. Para el peso de la bolsa de Fabricio se utilizó una balanza electrónica y para medir la talla se utilizó un bursómetro el cual consta de una serie de circunferencias de diferentes diámetros por las cuales se hizo pasar la bolsa de Fabricio hasta obtener el diámetro adecuado al tamaño.

### **\* DISEÑO EXPERIMENTAL.**

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio a los 21 y 42 días de edad de los pollos para cada enfermedad (New Castle, Gumboro) cada uno con cuatro (4) tratamientos y cuatro (4) repeticiones tomando como

una unidad experimental diez (10) muestras de sangre. Con los datos tomados en estas pruebas se hizo un análisis de varianza y prueba de medias por el método de Tukey (Steel y Torrie, 1980). utilizando un paquete estadístico para computador llamado STATISTIX 4.0

**\* ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

El modelo estadístico usado para el análisis completamente al azar fue:  
 $Y_{ij} = \mu_i + E_{ij}$

$Y_{ij}$ : A la observación en el i-esimo tratamiento en la j-esima repetición.  
 $\mu_i$ : i-esimo tratamiento.

$E_{ij}$ : Error en el i-esimo tratamiento en la j-esima repetición.

HIPÓTESIS:  
 $H_0 = \mu_i = \mu_j$   
 $H_a = \mu_i \neq \mu_j$

Descripción de tratamientos para ambas pruebas:

Tratamiento 0: (Testigo). Dieta basal (Maíz, soya) contenido de taninos condensados en (%E.C) fue de cero (0).

Tratamiento 1: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentren entre el rango de mayores que cero (0) a menores que uno (1). Equivalentes de catequina. Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995) y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 0.17 (%E.C)

Tratamiento 2: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentre entre el rango de iguales a uno (1) a menores o iguales a dos (2). Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 1.64 (%E.C)

Tratamiento 3: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentre entre el rango de mayores de dos (2) Equivalentes de catequina. Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo valor promedio analizado por triplicado fue de 3.24 (%E.C)

**\* EVALUACIÓN DE RESULTADOS:**

La respuesta inmunológica para pollos de engorde se hizo mediante:

- Niveles de anticuerpos a los 21 y 42 días (HI; Elisa).
- Tamaño y peso de la bolsa de Fabricio y su relación con el peso corporal.
- Estado histológico de la bolsa de Fabricio.
- Relacionar el catabolismo de anticuerpos y sus valores promedios con los daños histológicos

## 9. MATERIALES Y MÉTODOS PARA LAS PRUEBAS DE HISTOPATOLOGÍA EN TRACTO DIGESTIVO

### \* ÁREA DE ESTUDIO.

Se desarrollo en el mismo sitio y con los mismos animales a los cuales se les realizaron las pruebas biológicas para pollos de engorde y gallinas de postura.

### \* TRABAJO DE CAMPO.

Para los pollos de engorde:

Se tomo una(1) muestra al azar a los 21 y 42 días de edad de los pollos para cada uno de los cuatro(4) tratamientos en cada una de sus cuatro (4) repeticiones. Las aves se sacrificaron para extraer partes a todo lo largo del tracto digestivo (Bolsa de Fabricio. Intestino delgado distal, duodeno y tonsilas cecales) para un total de 128 muestras a realizar en las prueba de histopatología utilizando las técnicas de tinsión con Hematoxilina-Eosina y PAS-Alcian blue.

### Descripción de tratamientos para ambas pruebas:

Tratamiento 0: (Testigo). Dieta basal (maíz, soya) contenido de taninos condensados 0.0 (%E.C).

Tratamiento 1: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentren entre el rango de mayores que cero (0) a menores

que uno (1). Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995) y cuyo contenido de taninos fue de 0.17 (%E.C) analizado por triplicado

Tratamiento 2: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentren entre el rango de iguales a

uno (1) a menores o iguales a dos (2). Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo contenido de taninos fue de 1.64 (%E.C) analizado por triplicado

Tratamiento 3: Dieta (Sorgo, Soya) contenido de taninos condensados se encuentren entre el rango de mayores de dos (2). Determinados por el método de vainillina HCL modificado por Price et al., (1978), (Norma Venezolana Covenin N° 3179 de 1995). y cuyo contenido de taninos fue de 3.24 (%E.C) analizado por triplicado

#### **\* EVALUACIÓN DE RESULTADOS**

La respuesta para los daños histológicos para los pollos de engorde se determino en:

- Daño histológico en bolsa de Fabricio.
- Daño histológico en el intestino distal.
- Daño histológico al duodeno
- Daño histológico en las tonsilas cecales.

TABLA 11. MUESTRAS RECOLECTADAS DE SORGO

LOCALIDAD	CULTIVAR	% E.C.
MONTERÍA	BR67	0.17
	DK65	1.14
	SINUPAR -2R	1.98
	HIBRIDO 989	1.4
	BR67	1.4
CODAZZI (CESAR)	P8171	2.4
	SINUPAR 2R	2.6
	SINUPAR 2R	2.0
	SNH-301	3.2
	ICA	2.8
CÚCUTA	GUAPO ST	3.0
	CHAGUARAMA	3.24
	EXPRO 7240	2.65
	PIONER 8187	0.04
META	ICAIMA	2.62
	GUAPO	2.8
	SAVANNA-5	1.97
	SORGHICA	3.47
	CHAGUARAMA	1.78
	ICAIMA	2.18
VALLE DEL CAUCA	ICI-730	1.04
	HW-1758	2.03
	HW-1758	1.9
	DK2600	0.7
	DK65	1.2
	D61	0.8
	ICI 737	1.9
	ICAIMA	2.56
AGUACHICA (SUR DEL CESAR)	PIONNER	2.6
	ICAIMA	1.8
	SINUPAR	3.28
	ST GUAPO	2.72

## 10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE TANINOS DE LOS CULTIVARES DE SORGO NACIONALES:

Los resultados encontrados para los 21 cultivares de las 6 localidades en las (32) muestras analizadas están reportados (tabla 11). En la cual se determino que de los cultivares analizados, el de menor valor de taninos condensados expresado en equivalentes de catequina (%E.C), se encuentran entre un rango desde 0.17 (%E.C) hasta el más alto que fue de 3.47 (%E.C) encontrándose dentro de los promedios obtenidos por Moreno J (1995) en Colombia los cuales en 18 cultivares analizados el rango fue desde 0.00 hasta 4.32 (%E.C). Como también que 4/32 corresponden al nivel bajo de taninos, 11/32 al nivel medio y 17/32 al nivel alto, representando éste la mayor proporción dentro de las muestras analizadas. Sin embargo cabe señalar que los datos son validos solo para las muestras analizadas ya que se conoce que la variabilidad de los taninos depende de diferentes factores como: condiciones edafológicas, tiempo de cosecha, forma de almacenamiento del grano lo mismo que el tiempo de almacenamiento e incluyendo la individualidad entre los mismos cultivares sembrados en diferente o igual localidad. Por lo cual esta información solo nos permite conocer un rango dentro del cual, los cultivares de sorgo colombiano pueden oscilar. Siendo consistente con lo sugerido por Jaramillo et al (1993) que el contenido de taninos (%E.C) varia entre cultivar de una misma cosecha y dentro de cultivares pertenecientes a cosechas distintas.

#### \* ESTIMACIÓN DE LA ENERGÍA METABOLIZABLE.

El efecto de los taninos sobre la energía metabolizable ha sido interpretado como un efecto debido a la inhibición de enzimas digestivas que actúan sobre los carbohidratos. ( Strumeyer y Malin,1979; Griffithd y Moseley, 1980 y Horigome et al 1988).

Los resultados obtenidos en los experimentos de energía metabolizable corregida para balance de nitrógeno cero (EMVn) (Tabla 12) encontrados en los cultivares de sorgo analizados demuestran que si existen diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.00$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.01$ ) (tabla 13) que el mejor valor de energía metabolizable verdadera

corregida por nitrógeno correspondió al nivel bajo de taninos (0.17%E.C) con un valor de 3565 kCal EM/Kg de alimento (a), para el nivel medio (1.64%E.C) un valor de 3487.5 kCal EM/Kg de alimento(a) y para el nivel alto (3.24%E.C) un valor de 3265.8 Kcal EM/Kg de alimento (b). Encontrándose una correlación negativa y alta ( $r = -0.8488$ ;  $P \leq 0.001$ ). De acuerdo con los resultados se puede concluir que si existe un efecto detrimental en el incremento de los taninos condensados expresados en porcentaje de equivalentes de catequina (%E.C). Siendo consistentes estos resultados con algunos ensayos reportados por (Nelson et al, 1975; Sibbald 1977; Luis et al, 1982 Halley et al., 1986; Reyes, 1991; torres, 1992; Jaramilo 1993; Moreno 1995) Los cuales sugieren que los contenidos de taninos en el sorgo afectan negativamente la energía metabolizable encontrando una correlación entre ellas y con la biodisponibilidad de la energía metabolizable. Sin embargo es de importancia destacar los últimos resultados obtenidos por Elkin et al 1996 y Nyachti et al 1996, los cuales crean una nueva incertidumbre ya que reportan un nuevo factor antinutricional conocidos como las  $\alpha$  kafirinas, las cuales sospechan ser la causa de los efectos de la energía metabolizable. Sustentando sus conclusiones en que no siempre los cultivares de sorgo con mas alto nivel de taninos condensados (%E,C) representa los de mas bajo nivel de energía. Como es el caso nuestro en el cual el nivel medio de taninos (1.64%E.C) no tuvo un efecto sobre el valor de la energía metabolizable lo que se refleja también en las pruebas biológicas con pollos de engorde que en el análisis de medias para peso vivo no hubo diferencias estadísticas significativas entre el nivel bajo(0.17) 1854.2 gr/ave y el nivel medio (1.64) 1804.2 gr/ave. Obteniéndose también una ecuación por regresión lineal entre la EMVn y la concentración de taninos (%E.C) en donde:

$$\text{EMVn kCal/Kg.} = 3663.7 - 120.08 \times \text{taninos (\%E.C)}$$

Es decir que por cada 1 % de equivalentes de catequina la EMVn se afecta negativamente en 120.08 kCal/kg.

Es importante destacar que los niveles de energía metabolizable en este trabajo se encuentran en un rango que va de 3265.8 hasta 3565 kCalEM/Kg. los cuales se encuentran dentro de los promedios dados por algunos investigadores quienes reportan con diferentes niveles de taninos valores de energía metabolizable. Fuller (1966) 2617 a 3516 kcal/kg; Veloso (1985) 3120 a 3462 kcal/kg; Lucbert y Castaing (1986) 2888 a 3306 kcal/kg y

**TABLA 12. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE ENERGÍA METABOLIZABLE APARENTE (EMA); Y EMA CORREGIDA PARA BALANCE DE NITRÓGENO CERO (EMAN); ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA (EMV); Y EMV CORREGIDA PARA BALANCE DE NITRÓGENO CERO (EMVN) DE LOS TRATAMIENTOS.**

<b>TTOS</b>	<b>REP</b>	<b>EMA</b>	<b>EMAN</b>	<b>EMV</b>	<b>EMVN</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	3331.42	3302.32	3727.43	3660.00
	<b>2</b>	3256.61	3215.05	3464.43	3399.03
	<b>3</b>	3365.50	3328.42	3559.97	3499.78
	<b>4</b>	3468.51	3426.33	3703.01	3636.59
	<b>5</b>	3447.54	3402.32	3699.52	3629.72
	<b>X</b>	3373.91(a)	3334.9(a)	3622.9 (a)	3565 (a)
	<b>E.E</b>	155.69	84.22	109.27	111.96
	<b>C.V</b>	4.53	2.52	3.01	3.14
<b>2</b>	<b>1</b>	3105.26	3069.78	3477.10	3402.65
	<b>2</b>	3214.49	3181.45	3544.97	3478.43
	<b>3</b>	3197.03	3163.62	3608.92	3538.52
	<b>4</b>	3181.25	3157.68	3609.67	3544.13
	<b>5</b>	2179.45	3143.40	3547.44	3475.96
	<b>X</b>	3165.5 (b)	3143.2(b)	3557.6(a)	3487.9(a)
	<b>E.E</b>	41.732	43.24	54.97	57.498
	<b>C.V</b>	131	1.37	1.54	1.6485
<b>3</b>	<b>1</b>	2987.29	2960.48	3365.59	3314.95
	<b>2</b>	3051.33	3016.70	3369.24	3313.29
	<b>3</b>	2961.59	2931.64	3308.48	3254.86
	<b>4</b>	2959.84	2933.35	3299.07	3250.91
	<b>5</b>	2898.27	2867.99	3247.44	3195.00
	<b>X</b>	2971.7 (b)	2942 (c)	3318(b)	3265.8 (b)
	<b>E.E</b>	55.26	53.808	50.789	50.06
	<b>C.V</b>	1.8599	1.8289	1.53	1.5329

a.b.c medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente ( $P \leq 0.01$ )

**TABLA 13. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA ENERGÍA METABOLIZABLE VERDADERA CORREGIDA PARA BALANCE DE NITRÓGENO CERO (0)**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>E.M.Vn kCal/Kg.</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Nivel bajo taninos (0.17% E.C)	3.565 (a)	111.96	3.14
Nivel medio taninos (1.64% E.C)	3.487.9 (a)	57.49	1.64
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	3.265.8 (b)	50.06	1.53

Probabilidad P= 0.000

Correlación : (r= -0.8488; P= 0.01)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

Douglas (1988) 2838 a 3200 kcal/kg; Yamazaki y Kaku (1988) 3780 a 3990 kcal/kg; Jaramillo(1993) 3181 a 3676 kcal/kg; Moreno (1995) en Colombia de 3136.8 a 3622.7 kcal/kg.

#### **\* ESTIMACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE NITRÓGENO.**

La capacidad de los taninos para atrapar proteínas ha sido reconocida por centurias, ya que los taninos son excelentes donadores de hidrógenos que forman fuertes uniones con los grupos carboxílicos de las proteínas. Por esta razón tienen más afinidad por las proteínas que por los almidones. (Fachey y Jung 1989, Makkar et al., 1987)

Los resultados obtenidos en los ensayos muestran que la digestibilidad aparente de nitrógeno (DAN) se ve afectada por la concentración de taninos ( $P \leq 0.00$ ) (Tabla 14) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.01$ ) se encontró que la mayor DAN correspondió al nivel bajo de taninos (0.17%E.C) con 41.216% (a), seguido por el nivel medio de taninos (1.64%E.C) con 32.452% (b) y el nivel alto de taninos (3.24%E.C) con 28.878% (b). encontrándose una correlación negativa y alta ( $r = -0.8488$ ;  $P \leq 0.01$ ). (Tabla 15) concluyendo que el incremento en la concentración de taninos afecta la digestibilidad aparente de nitrógeno, encontrándose una ecuación por regresión lineal para la DAN y la concentración de taninos igual:

$$\text{DAN \%} = 40.903 - 3.9926 \times \text{taninos (\%E.C)}.$$

Es decir que por cada 1 % de equivalentes de catequina la DAN se afecta negativamente en 3.9926%.

Siendo consistentes con los resultados reportados por Reyes (1991) quien observo que a mayor contenido de taninos la digestibilidad de la proteína disminuye. Jaramillo, (1991) también encontró un efecto negativo de los taninos mas resaltante sobre la proteína determinando una correlación negativa ( $r = - 0.88$ ;  $P \leq 0.01$ ) para la digestibilidad aparente de nitrógeno

Los resultados obtenidos en los ensayos muestran que la digestibilidad verdadera de nitrógeno (DVN) se ve afectada por la concentración de taninos ( $P \leq 0.01$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.0024$ )

**TABLA 14. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE DE NITRÓGENO (DAN) Y DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE NITRÓGENO (DVN) ENTRE LOS TRATAMIENTOS.**

<b>TTOS</b>		<b>DAN</b>	<b>DVN</b>
<b>1</b>	1	30.73	71.21
	2	42.88	69.06
	3	39.15	63.57
	4	44.54	70.14
	5	47.75	73.71
	X	41.216(a)	69.54(a)
	E.E	6.6171	3.75
	C.V	16.05	5.40
<b>2</b>	1	35.63	74.78
	2	33.18	66.82
	3	33.55	70.71
	4	23.67	65.83
	5	36.21	71.80
	X	32.45(b)	69.99 (a)
	E.E	5.07	3.67
	C.V	15.649	5.25
<b>3</b>	1	26.13	49.35
	2	33.75	54.53
	3	29.18	52.27
	4	25.82	46.95
	5	29.51	51.11
	X	28.872(b)	50.85 (b)
	E.E	3.20	2.879
	C.V	11.10	5.66

a.,b, medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente ( $P \leq 0.01$ )

**TABLA 15. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA DIGESTIBILIDAD APARENTE DE NITRÓGENO (DAN)**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>% DAN</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Nivel bajo taninos (0.17%E.C)	41.21 (a)	6.6171	16.05
Nivel medio taninos (1.64%E.C)	32.45 (b)	5.0786	15.649
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	28.87 (b)	3.2066	11.104

Probabilidad P= 0.000

Correlación: (r=-0.8488; P= 0.01)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

**TABLA 16. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA DIGESTIBILIDAD VERDADERA DE NITRÓGENO (DVN)**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>%DVN</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	69.54 (a)	3.7581	5.4042
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	69.99 (a)	3.6785	5.2556
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	50.85 (b)	2.8794	5.6626

Probabilidad (P= 0.0024)

Correlación: (r=-0.8199; P= 0.002)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

(Tabla 14) se encontró que la mayor DVN correspondió al nivel medio de taninos (1.64%E.C) con 69.99% (a), seguido por el nivel bajo de taninos (0.17%E.C) con 69.54% (a) y el nivel alto de taninos (3.24%E.C) con 50.85% (b). encontrándose una correlación negativa y alta ( $r = -0.8199$ ;  $P \leq 0.002$ ).concluyendo que el incremento en la concentración de taninos afecta la digestibilidad verdadera de nitrógeno. Siendo consistentes con los resultados reportados por ( Chang y fuller, 1964; Oh et al., 1985; Mehansho et al., 1987; Shang et al.,1990; reyes 1991; Jaramillo 1991) quien observaron que a mayor contenido de taninos condensados se disminuye la digestibilidad de la proteína.

Encontrándose una ecuación por regresión línea para la DVN y la concentración de taninos igual:

$$\text{DVN \%} = 73.854 - 0.1743 \times \text{taninos (\%E.C)}.$$

Es decir que por cada 1 % de equivalentes de catequina la DAN se afecta negativamente en 3.9926%.

#### **\* PRUEBAS BIOLÓGICAS CON POLLO DE ENGORDE.**

Con el fin de relacionar el peso vivo y el peso en canal con un aumento en la concentración de taninos (%E.C) se realizaron pruebas en los pollos de engorde, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.000$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b, c;  $P \leq 0.01$ ) que el mayor peso vivo correspondió al testigo (dieta basal 0%E.C) el cual fue de 1929.2 gr./ave (a), seguido por el nivel bajo (0.17%E.C) 1854.2 gr./ave (b), nivel medio (1.64%E.C) 1804.2 gr./ave (b) y el nivel alto de taninos (3.24%E.C) 1702.1 gr./ave (c) (tabla 17). Obteniéndose una correlación negativa ( $r = -0.9112$ ;  $P \leq 0.000$ ), y para peso en canal se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.000$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.01$ ) que el mayor peso en canal correspondió al testigo (dieta basal 0%E.C) el cual fue de 1737.5 gr./ave (a), seguido por el nivel bajo (0.17%E.C) 1716.7 gr./ave (a), nivel medio (0.17%E.C) 1683.3 gr./ave (b) y nivel alto de taninos (3.24%E.C) 1535.42 gr./ave (b) (tabla ). Obteniéndose una correlación negativa ( $r = -0.9046$ ;  $P \leq 0.000$ ), demostrando que los resultados obtenidos que el peso vivo y el peso en canal se ven afectados por el efecto negativo de los taninos condensados de los cultivares de sorgo ya

**TABLA 17. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA PESO VIVO EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>PESO VIVO (GR.)</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	1.929 (a)	28.462	1.4753
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	1. 854.2 (b)	28.337	1.5283
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	1. 804.2 (b)	43.832	2.4295
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	1.702.1 (c)	21.741	2.015

Probabilidad P= 0.000

Correlación : (r= - 0.9112; P= 0.00)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

**TABLA 18. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA PESO EN CANAL EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>PESO CANAL (GR.)</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	1737.5(a)	36.95	2.1270
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	1716.7 (a)	40.82	2.3783
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	1683.3 (a)	27.21	2.4295
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	1535.3(a)	21.92	2.5613

Probabilidad P= 0.000

Correlación : (r= - 0.9046; P= 0.00)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

que las correlaciones fueran negativas y altas lo que se interpreta como un efecto detrimental al aumentar la concentración de taninos condensados (%E.C). También se debe tener en cuenta que no se utilizaron los requerimientos NRC los cuales en condiciones tropicales pueden verse incrementados, por lo cual la industria nacional utiliza unos niveles nutricionales más altos. Los cuales fueron los que en la formulación de dietas para las pruebas biológicas con pollos de engorde se utilizaron, con el objetivo de extrapolar en forma mas practica los posibles efecto de los taninos (%E.C) a nivel de campo.

Con el fin de relacionar el efecto sobre el peso de la bolsa de Fabricio y el incremento en la concentración de taninos (%E.C) con una posible respuesta del estado inmunológico del ave se realizaron pruebas en los pollos de engorde, pesando las bolsas de Fabricio para cada tratamiento, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.00$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.000$ ) que el mayor peso para la bolsa de Fabricio correspondió al testigo (dieta basal 0%E.C) el cual fue de 4.54 gr./ave (a), seguido por el nivel bajo (0.17%E.C) 3.86 gr./ave (b), nivel medio (1.64%E.C) 3.86 gr./ave (b) y nivel alto de taninos (3.24%E.C) 3.69 gr./ave (b) (tabla 19). Obteniéndose una correlación negativa ( $r = -0.6830$ ;  $P \leq 0.035$ ), pero si además se tiene en cuenta la correlación positiva y alta entre el peso vivo y el peso de la bolsa ( $r = 0.8211$ ;  $p \leq 0.001$ ) y la correlación positiva y alta entre el peso en canal y el peso de la bolsa ( $r = 0.6379$ ;  $p \leq 0.0079$ ) Entonces de acuerdo a los resultados presentados podemos concluir que el peso vivo y el peso de la canal esta directamente relacionado con el peso de la bolsa de Fabricio y que el aumento en la concentración de taninos (%E.C) también afecta el peso de la bolsa de Fabricio. Confirmando lo encontrado por Ochoa et al., 1997) reportan que el peso de la bolsa de Fabricio esta relacionado con el peso vivo ( $r = 0.85$   $P \leq 0.01$ ) en ensayos realizados sin utilizar ningún tratamiento que pudiera afectar el peso de la bolsa de Fabricio. Entonces el aumento en el peso de la bolsa esta relacionado con una respuesta al peso vivo del animal. No siendo consistentes con la poca información obtenida con lo reportado por Jlesca (1989) quien sugirió que niveles superiores al 0.7% E,C en la dieta disminuyen el tamaño de la bolsa de Fabricio y su relación con el peso de las aves. Avila E (1990) mostró que al añadir ácido tánico a pollos de engorde se producía una disminución en el tamaño de la bolsa de Fabricio.

También se encontró una ecuación de regresión lineal para el peso de la bolsa de Fabricio y el peso vivo igual:

$$\text{Peso bolsa gr./ave} = -1.7435 + 3.15 \text{ E-03 X peso vivo/gr.}$$

Es decir que un 1000gr de peso vivo afectan el tamaño de la bolsa de Fabricio en 3.15 gr./ave.

También se relacionó la talla de la bolsa de Fabricio medida por un bursómetro en los pollos de engorde para cada tratamiento con el incremento en la concentración de taninos (%E.C), encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.00$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b, c;  $P \leq 0.00$ ) que la mayor talla para la bolsa de Fabricio correspondió al nivel medio de taninos (1.64%E.C) la cual fue de 7.58 (a), seguido por el nivel alto (3.24%E.C) 7.2 (b), nivel bajo (1.64%E.C) 6.95 (c) y testigo (dieta basal 0 %E.C) 6.91 (c) (tabla 20). Con una correlación positiva y alta ( $r = 0.5448$ ;  $P \leq 0.0291$ ), además si tenemos en cuenta la correlación negativa entre el peso vivo y la talla de la bolsa de Fabricio ( $r = -0.4975$ ;  $P \leq 0.0499$ ). Podemos concluir de acuerdo a los resultados presentados, que la talla de la bolsa de Fabricio esta directamente relacionada con el aumento en la concentración de taninos (%E.C) mientras que su relación con el peso vivo es inversamente proporcional, lo que se corrobora ya que la correlación que existe entre la talla de la bolsa de Fabricio y el peso de la bolsa de Fabricio es negativo ( $r = -0.4858$ ;  $P \leq 0.0564$ ) lo que determina que el peso de la bolsa no esta relacionada con la talla de la bolsa de Fabricio. Es muy importante recalcar las excelentes tallas de las bolsa, lo cual nos indica que no hay presencia de entidades patológicas que pudieran estarlas afectando, esto se confirma con los hallazgos histológicos los cuales no demuestran alteraciones en las estructuras de los tejidos, bajo condiciones normales cuando los animales son sometidos a vacunaciones de gumboro los tamaños de las bolsas llegan solo a valores de 3 a 4. Sin embargo cabe destacar que la probabilidad tiene un índice de confianza de 94.36% .lo que nos determina que la relación entre talla y peso de la bolsa de Fabricio es muy estrecha. Entonces los resultados obtenidos nos permiten sugerir que el aumento en la concentración de taninos (%E.C) puede incidir levemente con la talla de la bolsa de Fabricio. Encontrándose una ecuación de regresión para la talla de la bolsa de Fabricio igual:

**TABLA 19. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA PESO DE LA BOLSA DE FABRICIO EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>PESO BOLSA DE FABRICIO (GR-)</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V.</b>
Testigo Dieta basal (maíz – Soya)	4.54 (a)	0.0712	1.56
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	3.86 (b)	0.0712	1.84
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	3.86 (b)	0.1143	2.96
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	3.69 (b)	0.0427	1.15

Probabilidad P= 0.000

Correlación : (r= - 0.6830; P= 0.0035)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

**TABLA 20. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA TALLA DE LA BOLSA DE FABRICIO EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>TALLA DE LA BOLSA DE FABRICIO</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	6.91 (c)	0.0663	0.96
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	6.95 (c)	0.0506	0.73
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	7.58 (a)	0.0568	0.75
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	7.2 (b)	0.0649	2.0203

Probabilidad P= 0.000

Correlación: (r= 0.5448; P= 0.0291)

a, b, c letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

Talla de la bolsa Fabricio =  $5.5955 + 0.3673 \times \text{taninos (\%E.C.)}$ .

Es decir que por cada 1 % de equivalentes de catequina la talla se afecta en 0.3673

#### \* CONVERSIÓN DE ALIMENTO.

Para relacionar la conversión de alimento con y el incremento en la concentración de niveles taninos (%E.C) se hicieron pruebas en pollos de engorde, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.00$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b, c, d;  $P \leq 0.000$ ) que la mejor conversión de alimento correspondió al testigo (dieta basal 0 % E.C) la cual fue de 1.8515 (a), seguido por el nivel bajo (0.17 % E.C) 1.8887(b), nivel medio (1.64% E.C) 1.977 (c) y nivel alto de taninos (3.24%E.C) 2.09 (d) (tabla 21). Obteniéndose una correlación positiva ( $r= 0.9885$ ;  $P \leq 0.000$ ), por lo cual se evidencia que si existe un efecto detrimental en el aumento de la concentración de taninos sobre la conversión de alimento. . Encontrándose una ecuación de regresión para la conversión de alimento y la concentración de tanino (%E.C) igual:

Conversión de alimento =  $1.8635 + 0.0699 \times \text{taninos (\%E.C.)}$ .

Es decir que por cada 1% de equivalentes de catequina la conversión de alimento se afecta en 0.0699

También se determino para la eficiencia alimenticia el efecto de los taninos condensados encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.00$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b, c, d;  $P \leq 0.000$ ) que la mejor eficiencia alimenticia correspondió al testigo (dieta basal 0 % E.C) la cual fue de 104.18 (a), seguido por el nivel bajo (0.17% E.C) 98.17(b), nivel medio (1.64%E.C) 91.26(c) y nivel alto de taninos (3.24%E.C) 81.34 (d) (tabla 22 ). Obteniéndose una correlación negativa ( $r= -0.9610$ ;  $P \leq 0.000$ ), Concluyendo que el aumento en la concentración de taninos (%E.C) afecta la eficiencia alimenticia. . Encontrándose una ecuación de regresión para la eficiencia alimenticia y la concentración de taninos igual:

Eficiencia alimenticia =  $101.76 - 6.3540 \times \text{taninos (\%E.C.)}$ .

**TABLA 21. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA CONVERSIÓN DE ALIMENTO EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>CONVERSIÓN</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	1.851 5 (a)	7.767 E -03	0.4195
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	1.8887(b)	0.0144	0.7604
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	1.9770(c)	0.0119	0.6042
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	2.090 (d)	0.0141	0.6767

Probabilidad P= 0.000

Correlación : (r=-0.9885; P= 0.00)

a, b, c, d letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

Es decir que por cada 1% de equivalentes de catequina la eficiencia alimenticia se afecta en 6.354

Se correlaciono también el índice de eficiencia europea (FEEP) que es un índice de producción corregido y la concentración de taninos (%E.C) en pruebas con pollo de engorde encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.00$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b, c, d;  $P \leq 0.000$ ) que la mejor FEEP correspondió al testigo (dieta basal 0 % E.C) la cual fue de 237.74 (a), seguido por el nivel bajo (0.17 %E.C) 224.01 (b), nivel medio (1.64%E.C) 208.45(c) y nivel alto de taninos (3.24%E.C) 187.87(d) (tabla 23). Obteniéndose una correlación negativa ( $r = -0.9885$ ;  $P \leq 0.000$ ), con lo que se concluye que el aumento en la concentración de taninos (%E.C) afecta el índice de eficiencia europeo. Encontrándose una ecuación de regresión para el índice de eficiencia europeo y la concentración de taninos igual:

Índice de eficiencia europeo =  $231.995 - 13.835 \times \text{taninos (\%E.C)}$ .

Es decir que por cada 1% de equivalentes de catequina el índice de eficiencia europeo se afecta en 13.835. Sin embargo de manera práctica a nivel de campo se considera que un FEEP superior a 200 es indicativo de buenos resultados. Para nuestro caso el nivel alto de taninos (%E.C) 187.87 fue el único que no fue superior a 200 lo que a nivel práctico representaría un índice de eficiencia europeo deficiente.

#### **\* PARA CONSUMO DE ALIMENTO.**

No se encontró ninguna diferencia estadística ( $P \leq 0.2412$ ) entre el consumo de alimento y la concentración de taninos y las medias por tratamiento para el mejor consumo de alimento correspondió al testigo (dieta basal 0 %E.C) la cual fue de 3576.3 gr./ave, seguido por el nivel alto (3.24%E.C) 3570 gr/ave, nivel medio (1.64%E.C) 3565 gr./ave y nivel bajo de taninos (0.17% E.C ) 3502.5gr. /ave (tabla 24 ). Obteniéndose una correlación positiva y baja ( $r = 0.2202$ ;  $P \leq 0.4125$ ), indicando estos resultados que el consumo de alimento no se vio afectado por el aumento en la concentración de taninos (%E.C). no siendo consistentes estos resultados con lo sugerido por Jaramillo (1993) en el cual un aumento en el consumo de alimento estaba relacionado con la disminución del valor energético del grano de sorgo a medida que se aumentan los niveles de taninos (%E.C)

**TABLA 22. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA EFICIENCIA ALIMENTICIA EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>EFICIENCIA</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	104.18 (a)	1263	1.0811
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	98.17(b)	1.8357	1.87
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	91.26(c)	2.7007	2.9592
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	81.34(d)	1.5154	1.8630

Probabilidad P= 0.000

Correlación: (r= - 0.9610; P= 0.00)

a, b, c, d. letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

**TABLA 23. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA ÍNDICE DE EFICIENCIA EUROPEO (FEEP) EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>FEEP</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	237.74 (a)	2.5885	1.088
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	224.01 (b)	4.1917	1.87
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	208.45 (c)	6.1031	2.92
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	1 87.87 (d)	6.1272	3.26

Probabilidad P= 0.000

Correlación : (r= - 0.9046; P= 0.00)

a, b, c, d. letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

### \* PARA SUPERVIVENCIA

No se encontró ninguna diferencia estadística ( $P \leq 0.9067$ ) entre la supervivencia y la concentración de taninos y las medias por tratamiento para la supervivencia son para el testigo (dieta basal 0 % E.C) fue de 96.665%, seguido por el nivel bajo (0.17 % E.C) 96.665%, nivel medio (1.64%E.C) 94.998% y nivel alto de taninos (3.24 %E.C) 94.448% (tabla 25). Indicando estos resultados que la supervivencia no se vio afectada por el aumento en la concentración de taninos (%E.C). además el porcentaje de mortalidad general del ensayo fue de 4.16% que es un rango normal a nivel de campo.

### \* PRUEBAS BIOLÓGICAS CON GALLINAS DE POSTURA.

Con el fin de relacionar la producción semanal de huevos con un aumento en la concentración de taninos (%E.C) se realizaron pruebas en gallinas de postura, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.016$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.01$ ) que la mayor producción semanal de huevos correspondió al nivel bajo de taninos (0.17 %E.C) el cual fue de 493.14 huevos/semana (a), seguido por el testigo (dieta basal 0%E.C) 487.79 huevos semana (b), nivel alto (3.24 % E.C) 476.57 huevos/semana (b), nivel medio (1.64 % E.C) 470.36 gr./ave (b) y. Obteniéndose una correlación negativa ( $r = -0.3525$ ;  $P \leq 0.0077$ ), (Tabla 26) lo que nos indica que la producción de huevo semanal se ve afectada por el aumento en la concentración de taninos(%E.C) siendo consistente con los resultados presentados por Armonious (1973) quien observo una tendencia a disminuir la producción de huevos en gallinas alimentadas con dietas que contenían 50% de sorgo con alto contenido de taninos. También Sell y colaboradores (1986) reportaron efectos negativos de los taninos sobre el peso del huevo y la calidad de las yemas. Sell y Rogler demostraron en gallinas por seis semanas que sorgos bajos y altos en taninos y con proteínas dietéticas de 11.5 % y 14.5% afectan la producción de huevo y la eficiencia alimenticia y una pérdida en el peso vivo se presenta en dietas bajas en proteína.

Encontrándose una ecuación de regresión para la producción semanal de huevo y la concentración de taninos (% E.C) igual:

**TABLA 24. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA CONSUMO DE ALIMENTO EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>CONSUMO (GR.)</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	3576.3 (a)	61.830	1.7289
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	3502.5 (a)	55.00	1.5703
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	3565.0 (a)	65.574	1.8394
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	3570 (a)	24.495	0.6861

Probabilidad P= 0.2412

Correlación: (r= 0.2207; P= 0.4125)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

**TABLA 25. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA SUPERVIVENCIA EN POLLO DE ENGORDE**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>%SUPERV.</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	96.665 (a)	3.85	3.9838
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	96.665 (a)	3.85	3.9838
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	94.998 (a)	6.38	6.7223
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	94.998 (a)	3.35	3.5106

Probabilidad P= 0.9067

Correlación: (r=-0.1848; P= 0.4896)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

Producción semanal huevo =  $488.35 - 5.0593 \times \text{taninos (\%E.C.)}$ .

Es decir que por cada 1% de equivalentes de catequina la producción semanal se afecta en 5.0593 huevos.

Para relacionar la masa del huevo con un aumento en la concentración de taninos (%E.C) se realizaron pruebas en gallinas de postura, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.0158$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.01$ ) que la mayor masa de huevos correspondió al testigo (dieta basal 0%E.C) el cual fue de 63.30 gr./huevo (a), seguido por el nivel bajo de taninos (0.17%E.C) 62.909 gr./huevo (a), nivel alto (3.24 %E.C) 62.436 gr./huevo (b), nivel medio (1.64%E.C) 61.423 gr./huevo (b) y Obteniéndose una correlación negativa ( $r = -0.2824$ ;  $P \leq 0.035$ ) (Tabla 27) lo que nos muestra que el efecto adverso de los taninos se refleja claramente sobre la masa de huevo). Encontrándose una ecuación de regresión para la masa de huevo y la concentración de taninos (%E.C) igual:

Masa de huevo =  $62.884 - 0.2908 \times \text{taninos (\%E.C.)}$ .

Es decir que por cada 1 % de equivalentes de catequina la masa de huevo se afecta en 0.2908 gr./ huevo.

#### **\* CONVERSIÓN DE ALIMENTO**

Con el fin de relacionar la conversión de alimento y el incremento en la concentración de taninos (%E.C) se realizaron pruebas en gallinas de postura, encontrándose diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.031$ ) y de acuerdo al análisis de medias (a, b;  $P \leq 0.01$ ) que la mejor conversión de alimentos correspondió al nivel bajo de taninos (0.17%E.C) el cual fue de 1.5339 (a), seguido por al testigo (dieta basal 0%E.C) 1.5498 (a), nivel alto (3.24%E.C) 1.5884 (a) y nivel medio (1.64%E.C) 1.6093 (b) y Obteniéndose una correlación positiva ( $r = 0.3413$ ;  $P \leq 0.01$ ) (Tabla 28) lo que nos sugiere que el incremento en la concentración de taninos tiene un efecto detrimental sobre la conversión de alimento. Encontrándose una ecuación de regresión para la conversión de alimento y la concentración de taninos (%E.C) igual: Conversión de alimento =  $1.5489 + 0.0170 \times \text{taninos (\%E.C.)}$ .

**TABLA 26. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA PRODUCCIÓN SEMANAL DE HUEVOS EN GALLINA DE POSTURA**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>PRODUCCIÓN SEMANAL HUEVOS</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	487.79(a)	5.94	1.365
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	493.14(a)	14.15	2.87
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	470.36(b)	21.96	4.67
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	476.57 (b)	17.038	4.42

Probabilidad P= 0.0016

Correlación : (r= - 0.3525; P= 0.0077)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

**TABLA 27. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA MASA DE HUEVO EN GALLINA DE POSTURA**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>MASA HUEVO (GR.)</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	63.3 (a)	1.7953	2.83
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	62.9(a)	1.0835	1.72
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	61.42(b)	0.6028	0.98
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	62.436(b)	0.9662	1.55

Probabilidad P= 0.0158

Correlación : (r= - 0.2824; P= 0.035)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

Es decir que por cada 1% de equivalentes de catequina la conversión de alimento se afecta en 0.0170.

### **\* RESULTADOS SEROLÓGICOS**

La determinación de niveles de anticuerpos contra New Castle se realizaron para evaluar la respuesta del sistema inmunológico de las aves. En las tablas 29 se aprecian los resultados de las pruebas de inhibición de la hemoaglutinación HI para New Castle y Elisa inmuno ensayo con enzimas asociadas para el virus de la enfermedad infecciosa de la bolsa para los ensayos 1 y 2 con los muestreos a los 21 días de edad se encontró los títulos de HI trabajado con una dilución de 1 en 5, en el ensayo 1 son menores de 5 indicando que los animales no tenían anticuerpos contra esta entidad, la misma situación se presenta a los 42 días de sacrificio los animales continuaron libres de anticuerpos porque no fueron expuestos ni al virus de campo ni al virus vacunal esto concuerda con lo expuesto por Villegas (1990) quien dice los promedios geométricos en los primeros 10 días varían entre 5 a 8, si no son vacunados ni expuestos a virus de campo estos deben disminuir. En el ensayo 2 los pollos fueron vacunados a los 10 días de edad encontrando que los animales reaccionaron positivamente a la vacunación en los distintos tratamientos dados por los niveles de taninos en la dieta, lo cual demuestra que los niveles de catequina no alteran la respuesta inmunológica en las aves, no afectan el sistema inmune del animal, Villegas refiere que cuando las ves ya han sido vacunadas al menos una vez, los promedios geométricos son generalmente mayores de 10 y a la edad de sacrificio deben estar por encima de 10-12, para nuestro caso a los 21 días los títulos oscilaron entre 32 para el tratamiento 1 y 57 para el 4 a los 42 días edad de sacrificio se encontraron entre 28 para los tratamientos 3 y 4 y 43 para el tratamiento 1 muy buena respuesta para una sola vacunación naso-ocular . más si tenemos en cuenta las condiciones de aislamiento donde se encontraban los animales en una región donde no existe nada de avicultura.

Con relación a la prueba de Elisa para medir los niveles de anticuerpos contra el virus de la enfermedad infecciosa de la bolsa se encontró que para los ensayos uno y dos no se detectan anticuerpos circulantes ya que la prueba se corrió con una dilución 1:500 y ningún título alcanza los niveles para el primer perfil que ninguno de los ensayos ni tratamientos realizados,

**TABLA 28. RESULTADOS ESTADÍSTICOS PARA CONVERSIÓN DE ALIMENTO POR DOCENA DE HUEVO EN GALLINA DE POSTURA**

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>CONVERSIÓN /DOC</b>	<b>D.S</b>	<b>C.V</b>
Testigo Dieta basal (maíz - Soya)	1.5498(a)	0.021	3.15
Nivel bajo taninos (0.17 % E.C)	1.5339(a)	0.045	3.67
Nivel medio taninos (1.64 % E.C)	1.6093(b)	0.079	4.90
Nivel alto taninos (3.24 % E.C)	1.5884(b)	0.075	4.74

Probabilidad P= 0.0031

Correlación: (r= 0.3413; P= 0.01)

a, b letras distintas en una misma columna diferencias estadísticas significativas (P= 0.01)

**TABLA 29. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA PRUEBAS DE HI Y ELISA EN POLLO DE ENGORDE**

<b>VARIABLES</b>	<b>ENSAYO 1</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
GMELISA21	48 (a)	169 (a)	91 (a)	260 (a)
GMELISA42	195 (a)	73 (a)	197 (a)	109 (a)
GMHI21	5 (a)	5 (a)	5 (a)	5 (a)
GMHI42	5 (a)	5 (a)	5 (a)	5 (a)

<b>VARIABLES</b>	<b>ENSAYO 2</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
GMELISA21	424(a)	416(a)	353(a)	537(a)
GMELISA42	241 (a)	209(a)	169(a)	96(a)
GMHI21	32(a)	43(a)	53(a)	57(a)
GMHI42	43(a)	40(a)	28(a)	28(a)

Letras diferentes a,b en una misma fila diferencias estadísticas Significativas ( $p < 0.05$ )

esta prueba nos demuestra la ausencia de contaminación con virus de gumboro el cual es causante de inmunosupresión en el ave, al relacionar esto con la respuesta a la vacunación contra New Castle nos permite confirmar el buen estado de funcionamiento del sistema inmunológico en que se encontraban las aves, Avellaneda (1998) la inmunidad es medida por anticuerpos circulantes y se puede evaluar por la prueba de Elisa. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los títulos de HI para New Castle y Elisa para Gumboro para ninguno de los ensayos realizados ni entre sus tratamientos; las diferentes concentraciones de taninos en los tratamientos establecidos no afectándose la respuesta inmunológica de las aves.

#### **\* RESULTADOS HISTOLÓGICOS**

En los dos ensayos de los cuatro tratamientos realizados se tomaron muestras de tejido para estudio de histopatología a los 21 y 42 días de edad de las aves; estas muestras se fijaron en formol y fueron coloreadas por hematoxilina - eosina, los tejidos estudiados fueron bolsa de Fabricio, intestino delgado distal, duodeno y tonsilas cecales.

En los cortes de duodeno estudiados de los tratamientos 1 y 2 nivel bajo y medio de taninos no se encontraron alteraciones histológicas que indiquen cambios en las estructuras de los tejidos analizados. En los tratamientos 0 y 3 dieta de maíz y alto contenido de taninos se presenta una leve inflamación a nivel de la lámina, propia por lo demás se encuentran en adecuadas condiciones las vellosidades intestinales y la zona glandular así como la túnica muscular y serosa.

En los cortes de intestino delgado distal no se encuentran alteraciones histológicas que muestren cambios en las estructuras de los tejidos analizados por ninguno de los tratamientos en los diferentes ensayos.

En las tonsilas cecales y bola de Fabricio se encontraron los tejidos sin alteraciones histológicas. En la bolsa los folículos linfoides tanto en la corteza como en la médula no muestran cambios en su estructura.

Vale la pena tener en cuenta la dilución que tienen la concentración de taninos contenidos en el grano con los demás ingredientes utilizados en la elaboración de las raciones para aves, en razón a que a nivel del tracto

digestivo por la capacidad queratinizante de los taninos actúan directamente sobre la mucosa intestinal para nuestro caso en particular no se alcanza a apreciar ningún tipo de lesión puesto que se requeriría determinar si se produce algún acortamiento de la vellosidades intestinales y lesión en la zona glandular.

## 11. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los 32 cultivares de sorgo en seis (6) zonas productoras de importancia en Colombia para la determinación química de los taninos por el método de vainillina, reporto que el rango oscila de 0.17 a 3.47 (% E.C) encontrándose de acuerdo a los niveles de taninos alto, medio y bajo que la mayor proporción 17/32 correspondió al nivel alto de taninos. Como también las variaciones entre cultivares para la misma o diferente localidad mostrando diferentes niveles de taninos condensados probablemente debido a factores edafoclimáticos como también de manejo postcosecha del grano.

El primer paso en el desarrollo de una estrategia para controlar el daño ocasionado por los taninos ha sido en los últimos años el de identificar cuales cultivares de sorgo tienen niveles elevados del factor tóxico, para así, utilizarlos en proporciones menores dentro del balanceo de la dieta. En especial como se evidencia claramente en este trabajo el efecto negativo que tienen los taninos condensados sobre la energía metabolizable para balance de nitrógeno cero (EMVn) y la digestibilidad verdadera de proteína (DVN), mostrando que por cada 1% Equivalente de Catequina (E.C) la EMVn se afecta negativamente en 98.075 kCal/Kg. Y la DVN en 6.1743%. Además que las medias encontradas para los niveles de taninos bajo (0.17), medio (1.64) y alto (3.24% E.C) fueron para energía y proteína, 3565.3487.9, 3265.8 kCal EM/kg. Y 69.54, 69.99, 50.85% de DVN respectivamente.

Los taninos del sorgo tienen un efecto detrimental sobre la biodisponibilidad de la energía y la proteína, logrando que los parámetros productivos en pollo de engorde al incrementar 1% de E.C afectan negativamente el peso vivo en 60.575 gr, la conversión de alimento en 0.0699, el índice de eficiencia europea en 13.835, la eficiencia alimenticia en 6.354 y la talla de la bolsa de Fabricio en 0.1134; no obstante, el incremento en la concentración de taninos no afecto el consumo de alimento pero si evidencia que el menor peso vivo de los animales esta reflejado por un desbalance en la relación energía/proteína disponible además de no encontrarse ninguna relación de los taninos condensados con la supervivencia ni con el peso de la bolsa de Fabricio. Para gallinas de postura durante 15 semanas de prueba (22 a las 36 semanas) el incremento afecta la producción semanal en 5.0593 huevos,

la masa del huevo en 0.2908 gramos y la conversión de alimento por docena de huevo en 0.170.

La respuesta inmunológica de las aves no se vio afectada por el incremento en la concentración de taninos ya que la determinación de anticuerpo para New Castle por (HI) y la enfermedad infecciosa de la bolsa por Elisa no mostraron variaciones en los títulos serológicos entre los distintos tratamientos para las dos pruebas de las dos entidades tanto en el ensayo de los animales no vacunados contra New Castle como tampoco en el ensayo cuando si se vacunaron las aves para esta entidad. Para gumboro no se vacuno por el efecto depresor que tienen todos los virus vacunales sobre la bolsa de Fabricio.

La muestra de tejido de bolsa de Fabricio, intestino delgado distal, duodeno y tonsilas cecales, no muestran un efecto adverso al incremento de los taninos condensados (% E.C) ya que no se evidencian alteraciones histológicas que indiquen cambios en las estructuras probablemente por la dilución de los taninos con los demás ingredientes empleados en la elaboración de las dietas.

## **12. RECOMENDACIONES**

Los sorgos deben ser clasificados de acuerdo a los niveles de taninos para tener una referencia que permita fijar los precios del mercado en razón a que estos afectan la producción de los animales y la productividad de la empresa.

### 13. ECUACIONES DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN

Para energía metabolizable verdadera para balance de nitrógeno cero (0)/taninos

$$\text{EMVn kCal/kg} = 3604.73 - 98.075 \times \text{taninos}(\% \text{E.C}), \quad (r = -0.8488; P \leq 0.001)$$

Para digestibilidad verdadera de nitrógeno/taninos

$$\text{DVN}\% = 73.854 - 0.1743 \times \text{taninos}(\% \text{E.C}), \quad (r = -0.8199; P \leq 0.002)$$

Para peso vivo en pollo de engorde/taninos

$$\text{VWIVO /gr.} = 1898.9 - 60.575 \times \text{taninos}(\% \text{E.C}), \quad (r = -0.9112; P \leq 0.000)$$

Para peso en canal en pollo de engorde/taninos.

$$\text{WCANAL/ gr} = 1741.6 - 58.106 \times \text{taninos}(\% \text{E.C}), \quad (r = -0.9046; P \leq 0.000)$$

Para peso de la bolsa de Fabricio/taninos.

$$\text{WBOLSA/gr} = 4.2077 - 0.1739 \times \text{taninos}(\% \text{E.C}), \quad (r = -0.683; P \leq 0.0035)$$

Para peso de la bolsa de Fabricio/ peso vivo.

$$\text{WBOLSA/gr} = -1.7435 + 3.15 \times 10^{-3} \times \text{VWIVO/gr}, \quad (r = -0.8211; P \leq 0.001)$$

Para talla de la bolsa de Fabricio/taninos.

$$\text{TALLA} = 7.0194 + 0.1134 \times \text{taninos}(\% \text{E.C}), \quad (r = 0.5448; P \leq 0.029)$$

Para conversión de alimento para pollo de engorde/ taninos

$$\text{CONV.} = 1.8635 + 0.0699 \times \text{taninos}(\% \text{E.C}), \quad (r = 0.9885; P \leq 0.000)$$

Para eficiencia alimenticia en polo de engorde/ taninos.

$$\text{EFIC.} = 101.76 - 6.354 \times \text{taninos (\%E.C)}, \quad (r = - 0.9610; P \leq 0.000)$$

Para Índice de eficiencia europeo (FEED)/ taninos

$$\text{FEED} = 231.39 - 13.835 \times \text{taninos (\%E.C)}, \quad (r = - 0.954; P \leq 0.000)$$

Para masa de huevo en gallinas/ taninos

$$\text{MASA/gr} = 62.884 - 0.2908 \times \text{taninos (\%E.C)}, \quad (r = - 0.2824; P \leq 0.035)$$

Para producción semanal de huevo (PSH)/ tanino.

$$\text{PSH} = 488.35 - 5.0593 \times \text{taninos (\%E.C)}, \quad (r = - 0.3525; P \leq 0.007)$$

Para conversión de alimento por docena de huevo (CDH)/ tanino.

$$\text{CDH} = 1.5489 + 0.0170 \times \text{taninos (\%E.C)}, \quad (r = 0.3416; P \leq 0.01)$$

## BIBLIOGRAFÍA

- Allredge Jan. Effects of Condensed Tannins on Browsers and Grazers: Qualitative or Quantitative defense?. Colorado State University. 1997.
- Almeida, J. Y Baptista, E.S. 1984. A new approach to the quantitative collections of excreta from birds in a true metabolizable energy bioassay. Poultry Sci. Vol. 63 : 2501-2503.
- Armstrong. W.D., Featherston, W.R. y Rogler. J. C. 1973. Influence of methionine and other dietary additions of the performance of chicks fed bird resistant sorghum grain diets. Poultry Sci. Vol 52 (4): 1592-1594
- Asquith, T., Jzund C.C. y Buttler, L.G. 1983. Characterization of the condensed tannin from a group II sorghum en : Journal agricultural and food chemistry. Vol 31 (6): 1299-1303
- Association of Official Analytical Chemist. 1984. Official Methods of Analysis. 13 th Ed. Washington, D.C.
- Avellaneda G. 1998. Utilización correcta del laboratorio. Interpretación de resultados. Congreso de Amevea Georgia 1998. Pp 515-522.
- Bate-Smith, E. C. y Lerner, N. H. 1954. Leuco-anthocyanins 2. Systematic distribution of leuco-anthocyanins in leaves. Biochem. J. 58 (1):126-132.
- Boren, Bruce. 1992. Color del sorgo y contenido de taninos. Avicultura profesional. Volumen 9 (4): 22-27
- Butcher G, Miler R.1995 The avian immune system fact sheet VM 74 Cooperative extension Service. Institute of food and agricultural Sciences. University of Florida Reviewed 11.
- Butcher G, Miles R y Nilipour A. 1991. El sistema inmune aviar. Industria Avícola. Julio 1991. Pp 14-17.

- Butler, L.G. 1991. The role of tannin in sorghum nutritional quality. Trabajo presentado en el seminario : Sorgho para el futuro. Cali, enero 16-19 CIAT, Colombia. Mimeografiado.
- Buttler, Larry. 1990. Taninos en sorgo problemas, soluciones y oportunidades. Revista Asohuevo. Fenavi. Colombia Vol. IV(1): 10-13.
- Chang, S. Y. y Fuller, H. L. 1964. Effect of tannin content of grain sorghum on there feeding value for growing chicks: Feeding volue of grain sorghum. Volumen 43 pag. 30 - 35
- Ciccola P. 1989. Microestructura de la testa y contenido de taninos (Proantocianidinas) en algunos cultivares de sorgo granífero producido en el país. Trabajo de grado Facultad de Agronomía U.C.V. Maracay-Venezuela.
- COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. 1995. Alimentos para animales. Determinación de taninos condensados (Norma 3179-1995). Fondonorma. Caracas. República de Venezuela Ministerio de Fomento.
- Dale, N. 1985. El problema de los taninos en nutrición aviar. Avicultura Profesional. Vol 3(1): 13-15
- Engster HM, Snetsinger DC, Kessler JW (1981). Commercial application of the TME system Ser european symposium on poultry nutrition. Edimburg p 56-63.
- Fan MZ, Adeola O and Asem EK. 1997. Effect of tannin onporcine jejunal brush border membrane bound enzyme activites ASAS westernmn sectopm Abstract 5-26.
- Farrell DJ (1978). Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels Br. Poultry Sci 19:303-308.
- Federación Nacional de Avicultores. (FENAVI). 1995. Informe anual avícola. Revista FENAVI, Bogotá D.C, Colombia Vol. 11 : 1-25

- Federación Nacional de Cerealeros (FENALCE). 1995. Resúmenes del Tercer informe nacional de cerealeros . Fenalce. Bogotá D .C, Colombia: 2-10
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1989. Yearbook Production. Roma: 132-133
- Garg, A. D. y Nath, k. 1990. Effect of sal (Shorea Robutta) seed meal tannine on serum enzymes. Nutrient utilization an growth in growing calves agric waste. volumen 11. Pag . 307 - 317.
- Giner - Chaves BI (1996). Condensed tannins in tropical forages thesis cornell University Strhaca NY USA. 104553.1756 @ compenserv.com.
- Glick B.1979. The avian inmune system. Avian Diseases Vol 23 No. 2 April June.
- Goldstein J.L y Swain T (1963). Changes in tannins in ripening fruits. Phylochem 2:371-383.
- Hagerman A. E. (1987) Radial diffusion method for determining tannins in plant extracts. J Chem Ecol 13:437-449.
- Hagerman A. E 1991. Tannin Analysis. University Oxford Ohio April 29 p.24.
- Hagerman A. E and Butter 1978. J Agric Food Chem 26:809-812
- Hagerman, A. E. y Buttler, L. G. 1978. Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. J. Agric. Food chem. 26 (4): 809 - 811.
- Hahn, D .L Rooney, L.W. y Earp C.F. 1984. Tannins and phenols of sorghum. Cereal Food World. Vol 29 (12): 776-779
- Halley, J.T. Nelson T.S. Kirby, L.K. y York, J.O. 1986. The effect of tannin content of sorghum grain in poultry rations on dry matter digestion and energy utilization. Ark. Farm Res. Vol. 35 (2) :8

- Haslaw E (1989). Plant polyphenols. Cambridge University Press Cambridge UK.
- Hemingway RW, Korches y JJ Olenum. 1989. Chemistry and significance of condensed tannins. Edt press New York.
- Hitchner B.S. 1993. Protección contra New Castle. Industria avícola. Enero p. 38-41.
- Inove y Hagerman 1988. Analytical Biochemistry 169: 363-369.
- Jaimés, Ruth. 1992. Los taninos en la nutrición de las aves. Boletín técnico Mic de Colombia. Mimeografiado.
- Jaramillo M, León M y Peña M. Valor nutricional de cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) altos en taninos producidos en Venezuela. III Digestibilidad del nitrógeno. Zootecnia tropical Vol. XIII No. 2: 163-182.
- 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.
- Jaramillo M., 1991. Estudio nutricional de cultivares de sorgo granífero *sorghum bicolor* (L) moench altos en taninos condensados producidos en Venezuela. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía de la UCV, Maracay, Venezuela.
- Jaramillo M., Peña M., Ángulo I., León A. y Obispo N, 1994. Valor Nutricional de cultivares de sorgo granífero (*sorghum bicolor* (L) moench) altos en taninos producidos en Venezuela. I composición química. Zootecnia Tropical. FONAIAP. Vol. XI(2): 129-150
- Jaramillo M., Peña, M. Ángulo, I. León A. 1993. Valor nutricional de cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) moench) altos en taninos producidos en Venezuela. II Energía Metabolizable. Zootecnia Tropical. FONAIAP. Vol. XII (1): 23-53.

- Jaramillo M, Peña M, Ángulo, León a. Obispo N, 1994. Valor nutricional de cultivares de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench) altos en taninos producidos en Venezuela. I composición química zootecnia tropical Vol. XI No. 2: 129-150.
- Jlescas M. 1989. Enfermedad de Gumboro. Revista Informador Avícola de Guatemala Vol 6.
- Lee J, Harris P:M, Sinclair Br, Treolar BP. 1992. The effect of Condensed Tanbnin containing diets on whole body amino acid utilization in Romney proceeding of the new Zealand. Society of animal Production 52: 243-246.
- Makkar HPS Blimmel M Becker K. 1995. Formation of compleres between Polyvinil pyrrolidone a poliyethirey glucols and tannins and theit implication in ges pordution and true digestibility in vitro techniques BR. J Nutrition 73:897-913.
- Makkar, H ; Singh. y Dawra, Rk 1987. Tannin nutrient interactons .Reviens Journal anim. sci. Int 2 (2): 127 -140.
- McNab JM and Fischer C (1981). The choice between apparent and true metabolizable energy systems recent evidence. 3er european symposium on poultry nutrition. Edimburg p 45-55.
- Mehansho, H , Buttler, L.G. y Carlson, D. M. 1987. Dietary tannins and salivary proline'rich proteins: Interactions induction and defense machanisms. Ann. Rev. Nutrición 7:423-440.
- Mitjavalía, s. Lacombe, C, Carrera G y Derache, R. 1977. Tannic acid and oxidized tannic acid on the funcational state of rat intestinal epithelium. J. Nutr. Vol. 107 (12): 21132128
- Moore K y Persaud TVN. 1996. Embriología Médica. Quinta Edición, Interamericana, Mc Graw-Hill. P. 513.
- Moreno C.J. 1995. Evaluación del contenido de taninos en sorgo y su correlación con la energía metabolizable y disponibilidad de aminoácidos en pollos. Tesis de grado Universidad Nacional.

- Norma Venezolana (Convenin 3179-1995) alimentos para animales determinación de taninos condensados pp.2.
- Ochoa J.R. 1997. Relación del tamaño de la bolsa de Fabricio y los parámetros productivos en pollo de engorde. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Tesis de Grado. Floridablanca.
- Oh, H. Y., Hoff, J. E. y Haff, L. A. 1985. Immobilized condensed tannins and their interaction with proteins. *Journal. Food Sci.* 50: 1652-1654.
- Ossa L.J. 1990. Bases de inmunología aviar. Publicaciones politécnico Colombiano, Medellín, Colombia, P 113.
- Owen R. 1998. The avian immune system a producer's perspective Technical report # 6 Hubbard Farms, 1998-06-17
- Price , M.L. y Buttler, L. G. 1980. Tannin and nutrition departament of biochemistry agricultural experiment station pardue. University West la Fayett Indiana. Boletín N° 272 marzo
- Reddy, N.R, Pierson, M..D., Dathe, S. K. y Solunkhe, D. 1985. Dry bean tannines . A reviens on nutricional implication. *JAOCS.* 62 :540-549.
- Reed JD (1995) Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legume. *J. Anim Sci* 73:1516-1528.
- Reed JD Horvath PJ Alien MS Van Siest PJ (1985) Gravimetric determination of soluvble phenolic including tannins from leaves by precipitation with trivalent Ytterbium. *J Sci Food agric.* 36: 255-261.
- 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.
- Rostagnon, H .S. Featherston, W.R y Rogler J.C. 1973. Studies on the nutritional value of sorghum grains with varying tannins contents for chicks. 1. Growth studies. *Poultry Sci Vol* 52(2): 765-772.

- Rountree J. 1978. Biologics and the botton. Line Broiler industry. Sep- Nov. pp 38-40.
- Rozo, De veléz. y García, L. A. 1985. Efecto de los polifenoles en la pulpa de café en la absorción de hierro . Archivos latinoamericanos de Nutrición. Vol. XXXV N°2 :287-295.
- Salunkhe, D. K. , Jadhar, S.J. , Kadan, S.S y Chavan, J. k.1982. Chemical, biochemical and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. Food sci. Nutr. 17(3) :277-305.
- Shang, M.J. , Azcona, J. O. , Borrás, F. , Suárez, D. y Pierson, E. 1990. Prediction of true metabolizable and bioavailable aminoacids of sorghum with variable tannin contents. Instituto Nal. de tecnología agropecuaria. INTA. Argentina.
- Sibbald JR (1975) The effect of level of feed intake on metabolizable energy values measured with adult roster. Poultry Sci 54:1990-1997.
- Sibbald JR (1976) the ture metabolizable energy values of several feedingstuffs measured with roosters. Laying hens, Turkeys and broiler hens. Poultry Sci 55:1459-1463.
- Sibbald JR (1977). The true metabolizable energy value of some feedingstruffs. Poultry Science 56:380-387.
- Sibbald, L.R. 1977. The true metabolizable energy in feedingstuffs. Poultry Sci. Vol 56: 380-382
- Steel, R. G. y Torrie, J. H. 1985. Comparaciones múltiples. Bioestadística, principios y procedimientos. McGraw- Hill Inc: 181 -187.
- Tizard Jan. 1987. INMUNOLOGÍA VETERINARIA. Tercera Edición. Editorial interamericana, México, p 414.
- 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.

- Trindade, D.s. Oliveire, S.C. Ferreira, A T. Cezar, M.S y Cavhaleiro, A.C. 1979. Avaliacao biológica e nutritiva de sorgos com diferentes conteudos tánicos e seu aproveitamento alimentacao das aves. Aun. Tec. Do IPZFO. Vol. 6 : 17-38.
- Van Soest P.J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant (2do ed) Cornell University Press Jyhara NY USA.
- Villegas, P. Revisión de controles serológicos en avicultura. Avicultura Profesional. Volumen 7 No. 4 1990 pp 154-158.
- Walton M. F., Hanskin F.A, Gorz H.J. 1978. The effect of olant age and nutrient application on tanin in leaves of Sorghum (Sorghum bicolor L Moench). University Of Nebraska, Lincoln NE. Western Society Crop Science Abstracts,
- Waterman PG Mole S.1994. Analysis o phenolic plan metabolites blackwell scientific publication Oxford UK.
- Wilson and Hagerman . 1990. J. Agric Food Chem 38:1678-1683.
- Yan L y Bennick A 1995. Identification of histatius as tannin - binding proteins in human saliv biochera. J. Sci. 311:341-347.

## ANEXO 1.

## DIETA POLLOS DE ENGORDE TRATAMIENTO BASAL (MAÍZ - SOYA)

M.PRIMA	KILOS	\$\$\$\$		% PROT	MCAL	ENER	%	%CAI	%	%FOS	%	%LISIN	%	%METI
MAÍZ	606,5	290	9,3	5,64045	3,25	1971,125	0,1	0,06	0,02	0,012	0,24	0,146	0,15	0,091
T.SOYA	325	380	46	14,95	2,51	815,75	0,3	0,1	0,24	0,078	2,9	0,943	0,65	0,2113
SORGO	0	280	7,2	0	3,24	0	0,09	0	0,05	0	0,22	0	0,13	0
ACEITE	32,5	550			8,8	286								
CaCO3	8	40					33	0,26						
FOSFATO	22	350					22	0,48	18,5	0,407				
SAL	2,5	100												
VIT.MIN	1	6000												
LISINA	0	6000									90	0		
METIONINA	1,5	4500											98	0,147
Cocodiosato fungicida	0,7 1													
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>20,5905</b>		<b>3072,875</b>		<b>0,91</b>		<b>0,497</b>		<b>1,088</b>		<b>0,4492</b>

ANEXO 2.

DIETA POLLOS DE ENGORDE TRATAMIENTO NIVEL BAJO (0.17 % E.C)

IMPRIMA	KILOS	\$\$\$\$		% PROT	MCAL	ENER	%	%CALCIO	%	% FÓSFORO	%	%LISINA	%	%METI
MAÍZ	0	290	8	0	3,25	0	0,1	0	0,02	0	0,24	0	0,15	0
T.SOYA	325	380	4	14,95	2,51	815,75	0,3	0,0975	0,24	0,078	2,9	0,9425	0,65	0,21^125
SORGO	606,5	280	7	4,3668	3,24	1965,06	0,09	0,054585	0,03	0,018195	0,22	0,13343	0,14	0,08491
ACEITE	32,5	550			8,8	286								
CaCO3	8	40					33	0,264						
FOSFATO	22	350					22	0,484	18,5	0,407				
SAL	2,5	100												
VIT.MIN	1	6000												
USINA	0	6000									90	0		
METIONIN	1,5	4500											98	0,147
cocodiosta	0,7													
fungicida	1													
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>19,3168</b>		<b>3066,81</b>		<b>0,900085</b>		<b>0,503195</b>		<b>1,07593</b>		<b>0,44316</b>

ANEXO 3.

DIETA POLLOS DE ENGORDE TRATAMIENTO NIVEL MEDIO (1.64 % E.C)

M.PRIMA	KILOS	\$\$\$\$		% PROT	MCAL	ENER	%	%CALCIO	%	%FÓSFORO	%	%LISINA	%	%METI
MAÍZ	0	290	8,5	0	3,25	0	0,1	0	0,02	0	0,2	0	0,15	0
T.SOYA	325	380	46	14,95	2,51	815,75	0,3	0,0975	0,24	0,078	2,9	0,9425	0,65	0,21125
SORGO	606,5	280	7,57	4,591205	3,03	1837,7	0,09	0,05459	0,03	0,018195	0,2	0,13343	0,14	0,08491
ACEITE	32,5	550			8,8	286								
CaCO3	8	40					33	0,264						
FOSFATO	22	350					22	0,484	18,5	0,407				*
SAL	2,5	100												
VIT.MIN	1	6000												
USINA	0	6000									90	0		
METIONIN	1,5	4500											98	0,147
cocodiosta	0,7													
fungicida	1													
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>19,54121</b>		<b>2939,45</b>		<b>0,90009</b>		<b>0,503195</b>		<b>1,07593</b>		<b>0,44316</b>

ANEXO 4.

DIETA POLLOS DE ENGORDE TRATAMIENTO NIVEL ALTO (3.24 % E.C)

M.PRIMA	KILOS	\$\$\$\$		%PROT	MCAL	ENER	%	%CALCIO	%	%FÓSFORO	%	%LISINA	%	%METI
MAÍZ	0	290	8,5	0	3,25	0	0,1	0	0,02	0	0,24	0	0,15	P
T.SOYA	325	380	46	14,95	2,51	815,75	0,3	0,0975	0,24	0,078	2,9	0,9425	0,65	0,2113
SORGO	606,5	280	7,8	4,7307	2,83	1716,395	0,09	0,05458	0,05	0,030325	0,22	0,13343	0,13	0,0788
ACEITE	32,5	550			8,8	286								
CaC03	8	40					33	0,264						
FOSFATO	22	350					22	0,484	18,5	0,407				
SAL	2,5	100												
VIT.MIN	1	6000												
USINA	0	6000									90	0		
METIONIN	1,5	4500											98	0,147
cocodiosta	0,7													
fungicida	1													
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>19,681</b>		<b>2818,145</b>		<b>0,90085</b>		<b>0,515325</b>		<b>1,07593</b>		<b>0,4371</b>

## ANEXO 5.

## DIETA GALLINAS DE POSTURA TRATAMIENTO BASAL (MAÍZ - SOYA)

M.PRIMA	KILOS	\$\$\$\$		% PROT	MCAL	ENER	%	%CAL	%	%FOSF	%	%LISIN	%	%METI
MAÍZ	635,4	290	8,5	5,4009	3,35	2128,59	0,1	0,635	0,02	0,0127	0,24	0,1525	0,15	0,0953
T.SOYA	250	380	46	11,5	2,45	612,5	0,3	0,075	0,24	0,06	2,9	0,725	0,65	0,1625
SORGO	0	280	8,5	0	3,26	0	0,09	0	0,05	0	0,22	0	0,13	0
aceite	0	550			8,8	0								
CaC03	76	40					33	2,508						
h. hueso	31	350					24	0,744	14	0,434				
SAL	3,2	100												
VIT.MIN	1	6000												
LISINA	0	6000									90	0		
METIONI	1,5	4500											98	0,147
Fungicida	1,5													
Furazolido	0,1													
Bacitracin	0,3													
Mogolla	0	240	15	0	1,8	0	0,14	0	0,3	0	0,62	0	0,2	0
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>16,9009</b>		<b>2741,09</b>		<b>3,962</b>		<b>0,5067</b>		<b>0,8775</b>		<b>0,4048</b>

## ANEXO 6.

## DIETA GALLINAS DE POSTURA TRATAMIENTO NIVEL BAJO (0,17 % E.C)

M.PRIMA	KILOS	\$\$\$\$		% PROT	MCAL	ENER	%	%CAL	%	%FOSF	%	%LISIN	%	%METI
MAÍZ	0	290	8.5	0	3.35	0	0.1	0	0.02	0	0.24	0	0.15	0
T.SOYA	250	380	46	11,5	2,45	612,5	0,3	0,075	0,24	0,06	2,9	0,725	0,65	0,1625
SORGO	635,4	280	7,2	4,57488	3,24	2058,696	0,09	0,572	0,05	0,0318	0,22	0,1398	0,13	0,0826
aceite	0	550			8,8	0								
CaC03	76	40					33	2,508						
h. hueso	31	350					24	0,744	14	0,434				
SAL	3,2	100												
VIT.MIN	1	6000												
LISINA	0	6000									90	0		
METIONIN	1,5	4500											98	0,147
Fungicidad	1,5													
Furazolidon	0,1													
Bacitracina	0,3													
Mogolla	0	240	15	0	1,8	0	0,14	0	0,3	0	0,62	0	0,2	0
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>16.0749</b>		<b>2671.196</b>		<b>3.899</b>		<b>0.5258</b>		<b>0.8648</b>		<b>0.3921</b>

## ANEXO 7.

## DIETA GALLINAS DE POSTURA TRATAMIENTO NIVEL MEDIO (1,64 % E.C)

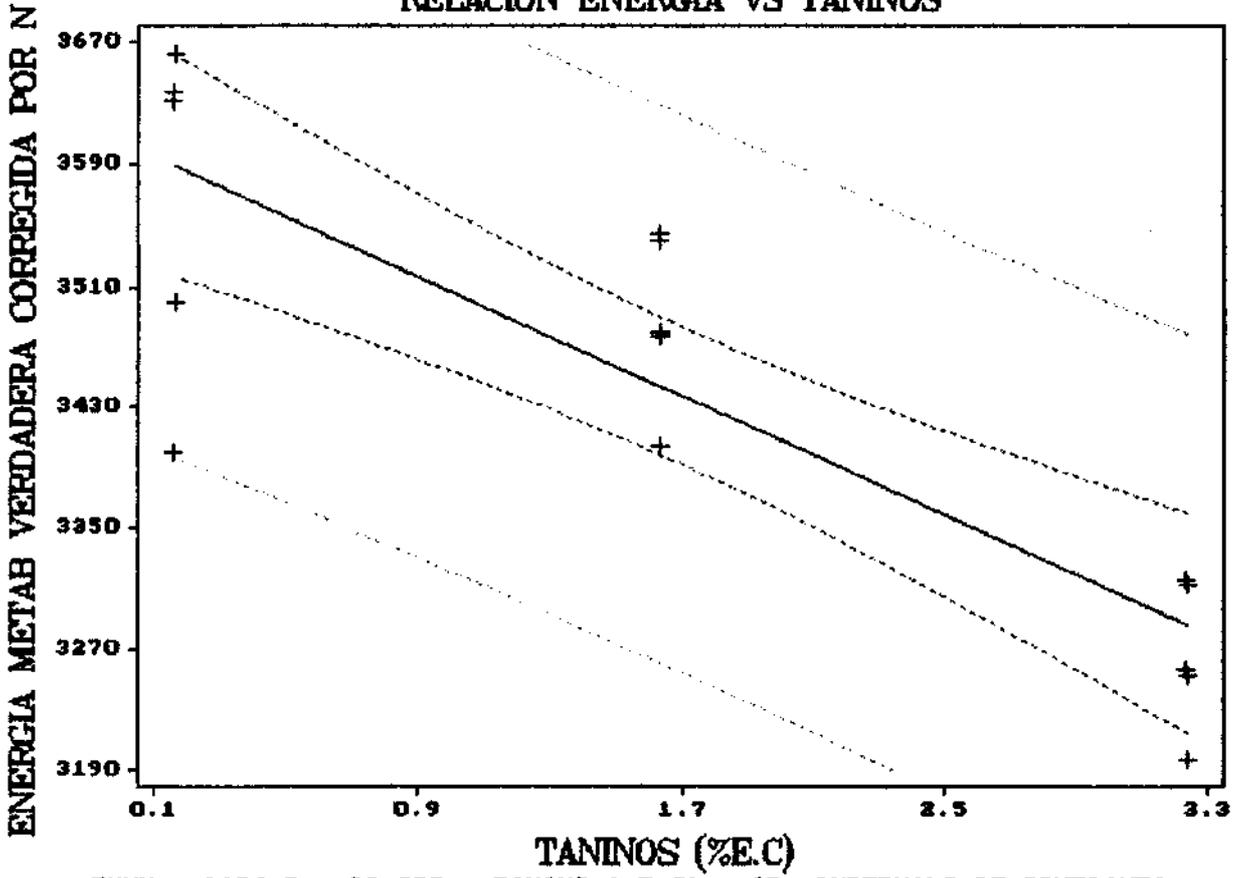
M.PRIMA	KILOS	\$\$\$\$		% PROT	MCAL	ENER	%	%CAL	%	%FOSF	%	%LISIN	%	%METI
MAÍZ	0	290	8,5	0	3,35	0	0,1	0	0,02	0	0,24	0	0,15	0
T.SOYA	250	380	46	11,5	2,45	612,5	0,3	0,075	0,24	0,06	2,9	0,725	0,65	0,1625
SORGO	635,4	280	7,6	4,82904	3,03	1925	0,09	0,572	0,05	0,0318	0,22	0,1398	0,13	0,0826
aceite	0	550			8,8	0								
CaCO3	76	40					33	2,508						
h. hueso	31	350					24	0,744	14	0,434				
SAL	3,2	100												
VIT.MIN	1	6000												
LISINA	0	6000									90	0		
METIONINA	1,5	4500											98	0,147
Fungicidad	1,5													
Furazolidona	0,1													
Bacitracina	0,3													
mogolla	0	240	15	0	1,8	0	0,14	0	0,3	0	0,62	0	0,2	0
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>16,329</b>		<b>2538</b>		<b>3,899</b>		<b>0,5258</b>		<b>0,8648</b>		<b>0,3921</b>

## ANEXO 8.

## DIETA GALLINAS DE POSTURA TRATAMIENTO NIVEL ALTO (3,24 % E.C)

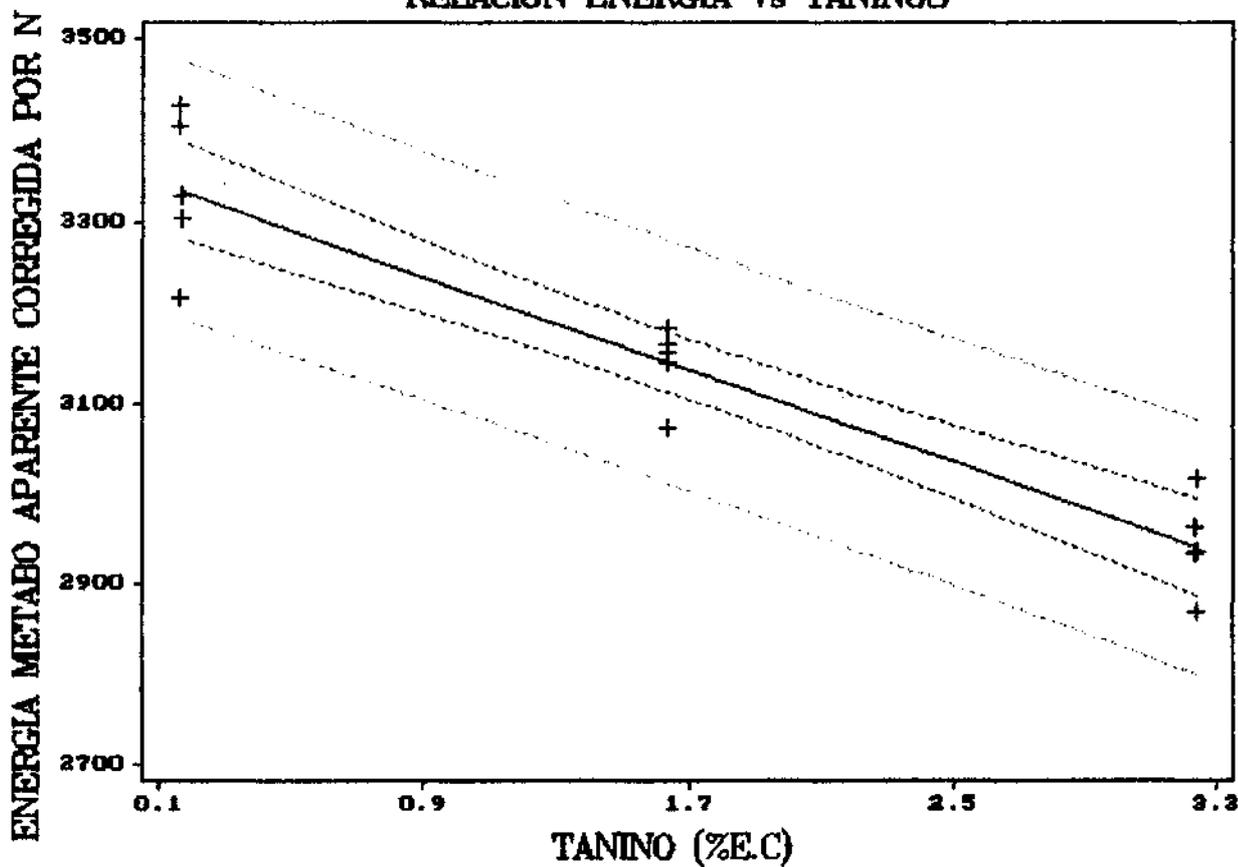
M.PRIMA	KILOS	\$\$\$\$		%PROT	MCAL	ENER	%	%CAL	%	%FOSF	%	%LISIN	%	%METI
MAÍZ	0	290	8,5	0	3,35	0	0,1	0	0,02	0	0,24	0	0,15	0
T.SOYA	250	380	46	11,5	2,45	612,5	0,3	0,075	0,24	0,06	2,9	0,725	0,65	0,1625
SORGO	635,4	280	7,8	4,95612	2,83	1798,182	0,09	0,572	0,05	0,0318	0,22	0,1398	0,13	0,0826
aceite	0	550			8,8	0								
CaC03	76	40					33	2,508						
h. hueso	31	350					24	0,744	14	0,434				
SAL	3,2	100												
VIT.MIN	1	6000												
LISINA	0	6000									90	0		
METIONI	1,5	4500											98	0,147
Fungicida	1,5													
Furazolido	0,1													
bacitracin	0,3													
mogolla	0	240	15	0	1,8	0	0,14	0	0,3	0	0,62	0	0,2	0
<b>TOTALES</b>	<b>1000</b>			<b>16.4561</b>		<b>2410.682</b>		<b>3.899</b>		<b>0.5258</b>		<b>0.8648</b>		<b>0.3921</b>

### RELACION ENERGIA VS TANINOS



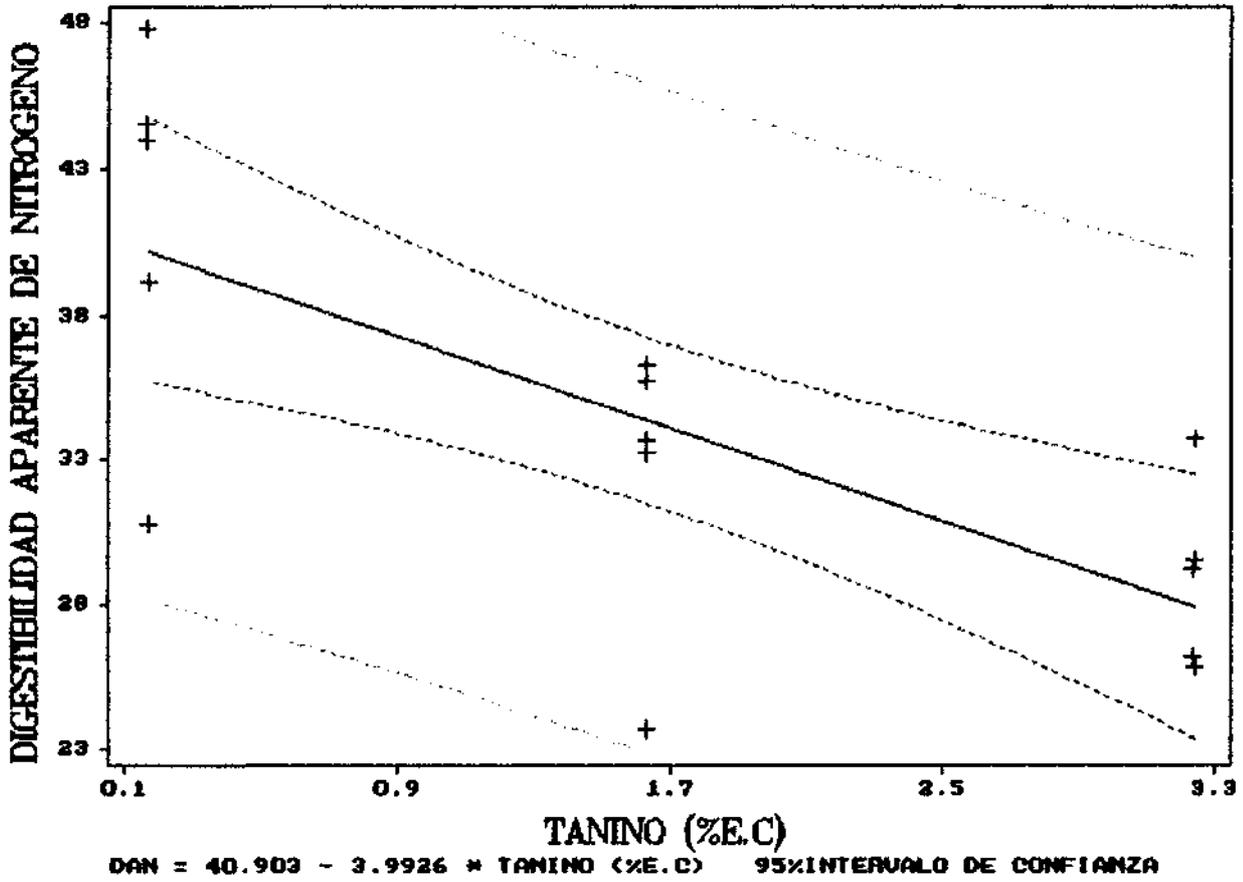
$EMVN = 3604.7 - 98.075 * TANINO (\%E.C)$  95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION ENERGIA VS TANINOS

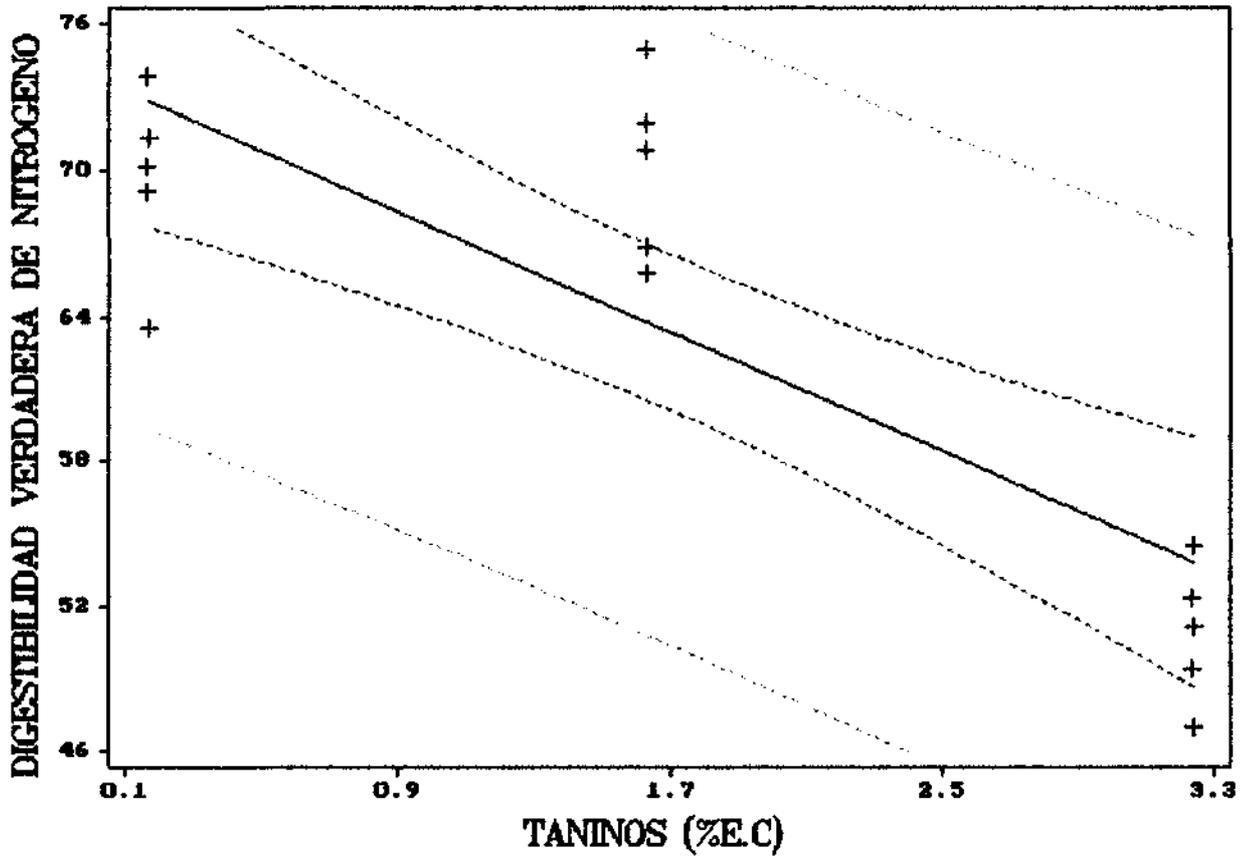


$ENAn = 3355.4 - 127.93 * TANINO (\%E.C)$  95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION PROTEINA Vs TANINOS

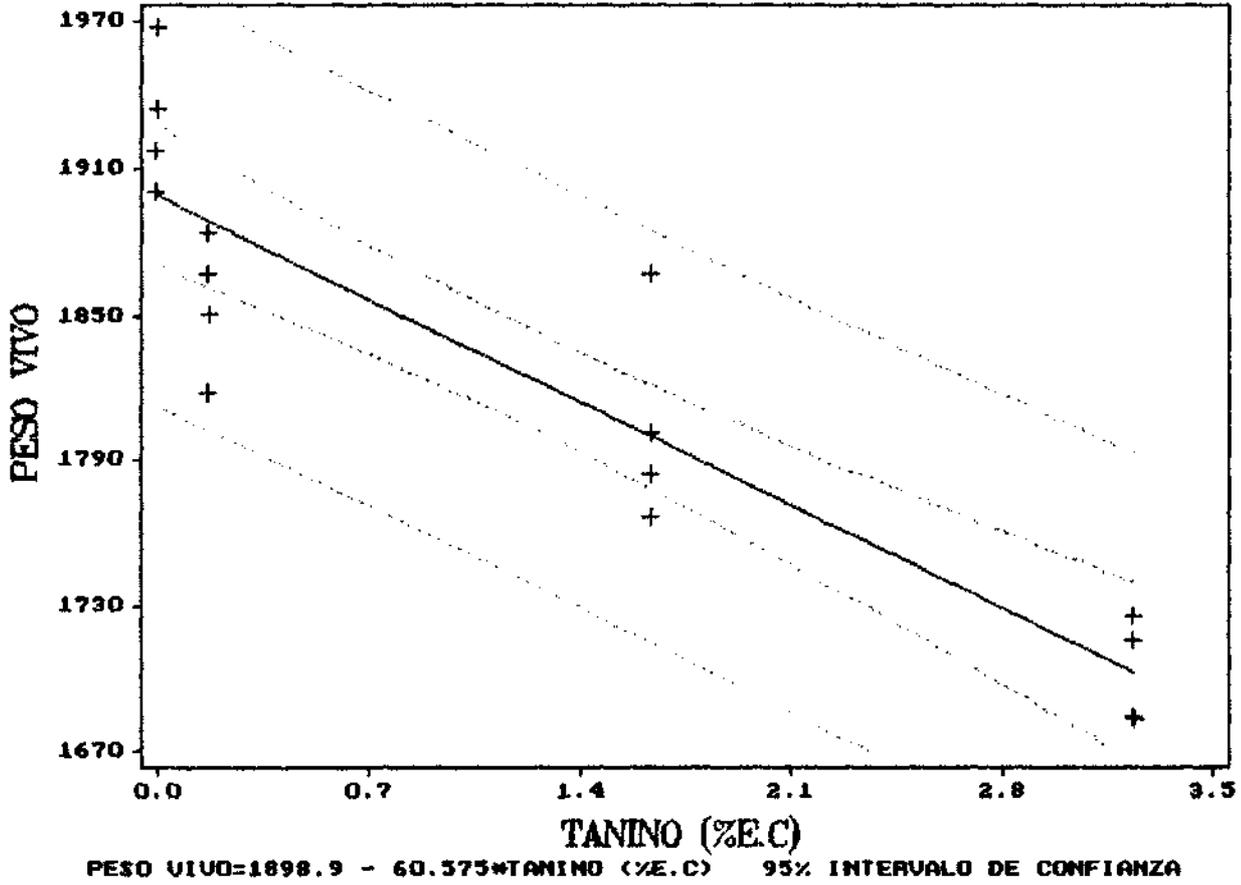


### RELACION PROTEINA Vs TANINOS

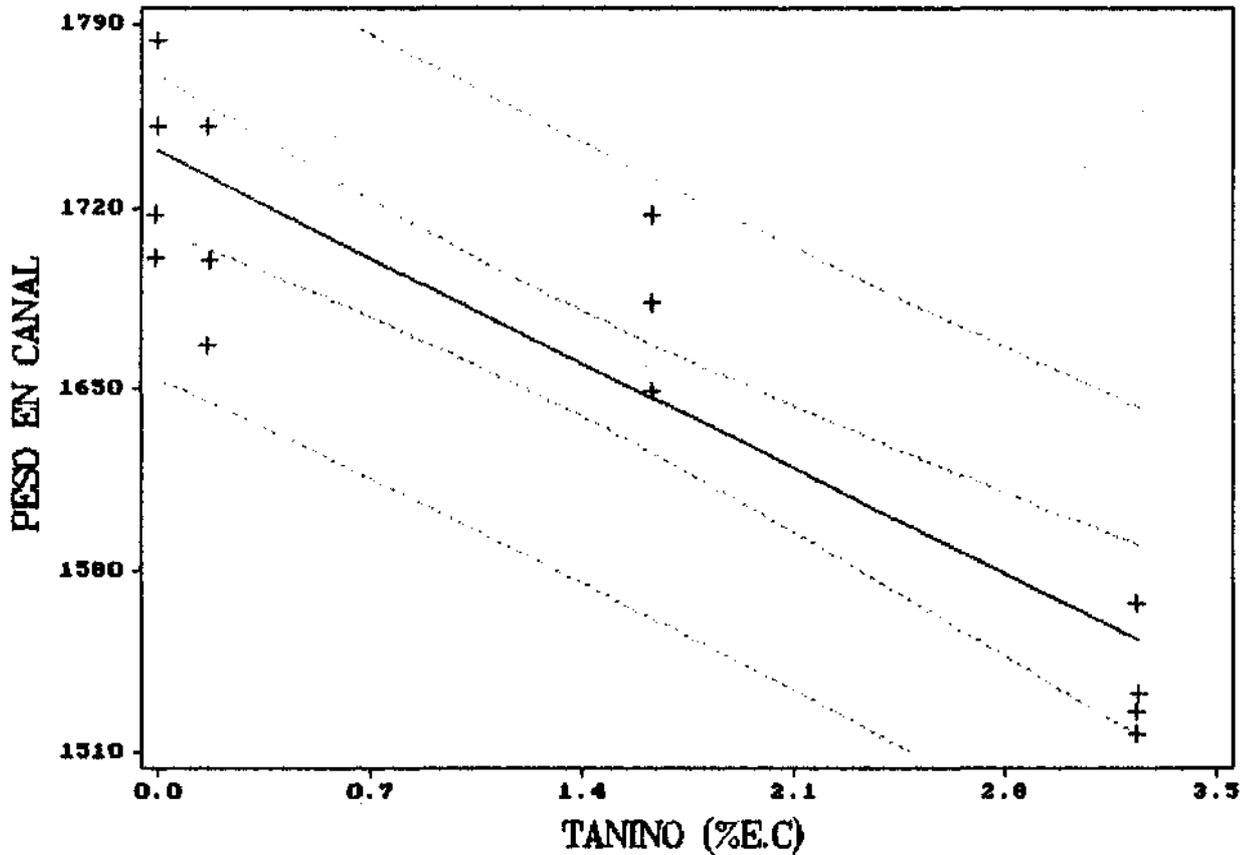


DUN = 73.854 - 6.1743 \* TANINOS(%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

REACION PESO VIVO Vs TANINO

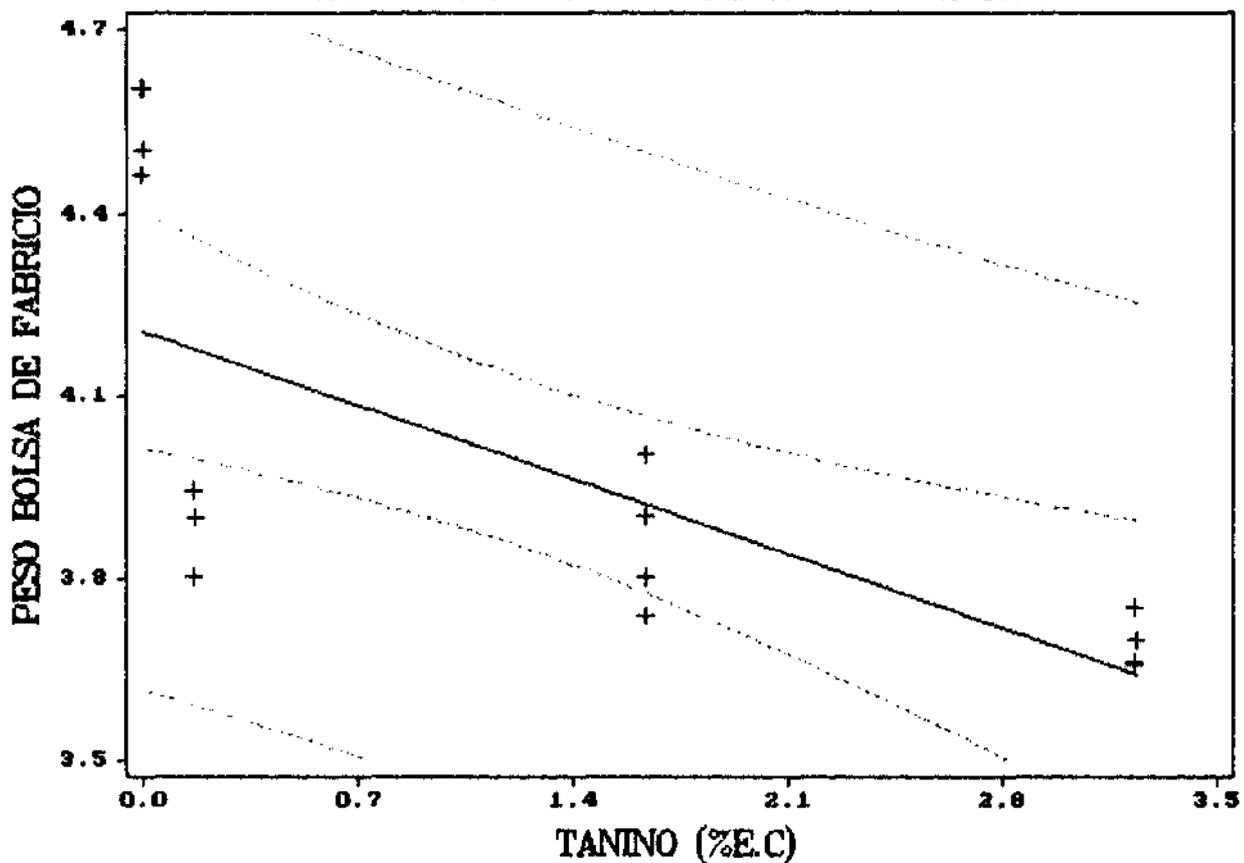


RELACION PESO EN CANAL Vs TANINOS



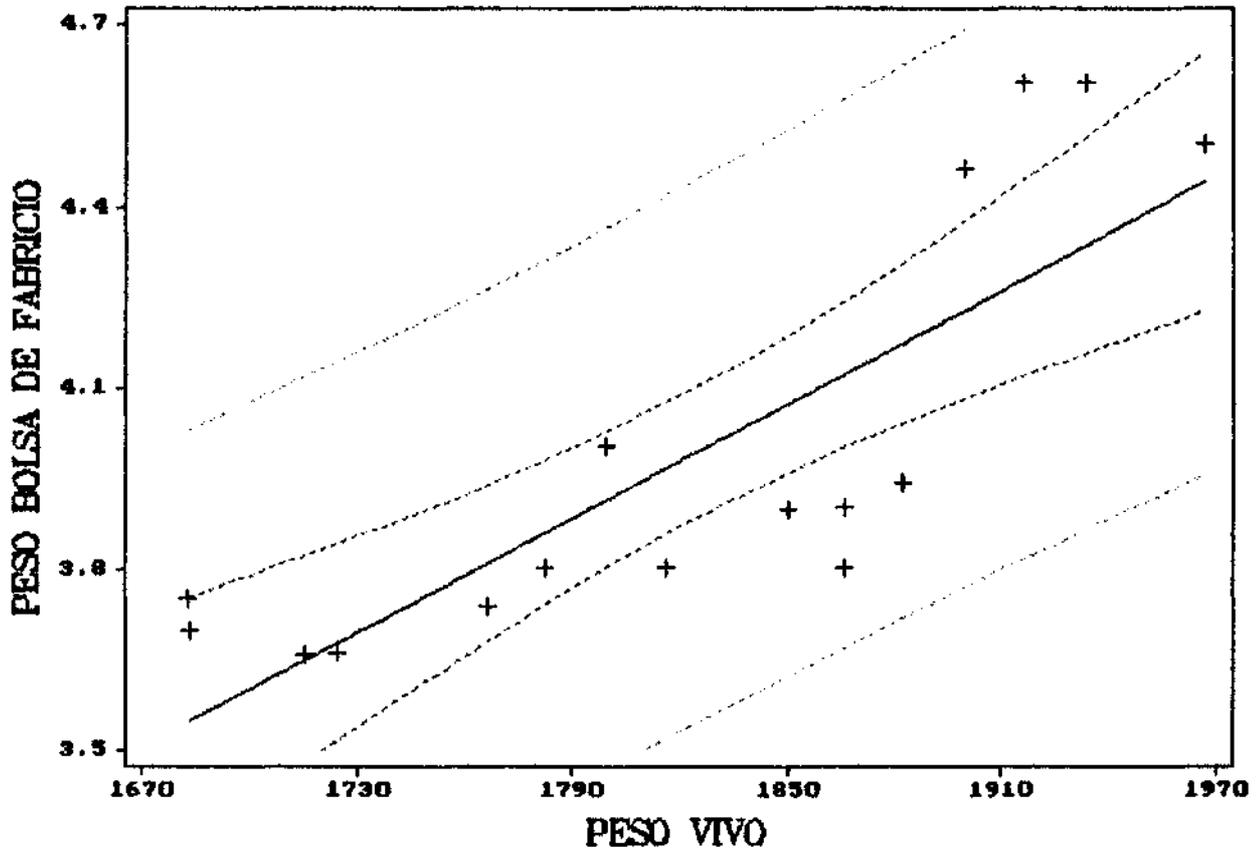
$PESO\ CANAL = 1741.6 - 58.106 * TANINO\ (%E.C)$  95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION PESO BOLSA FABRICIO Vs TANINOS



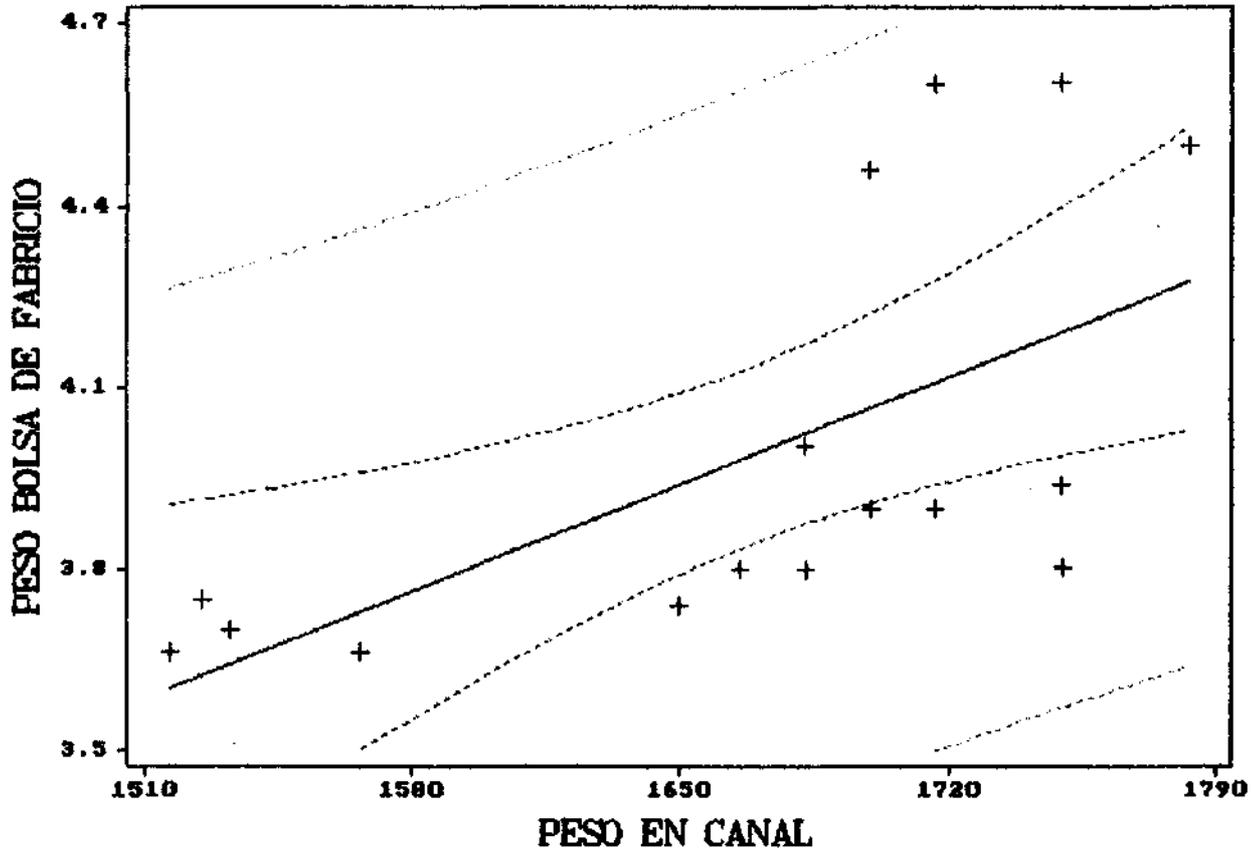
PESO BOLSA FABRI. = 4.2077 - 0.1739 \* TANINO(%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION PESO BOLSA FABRICIO Vs PESO VIVO



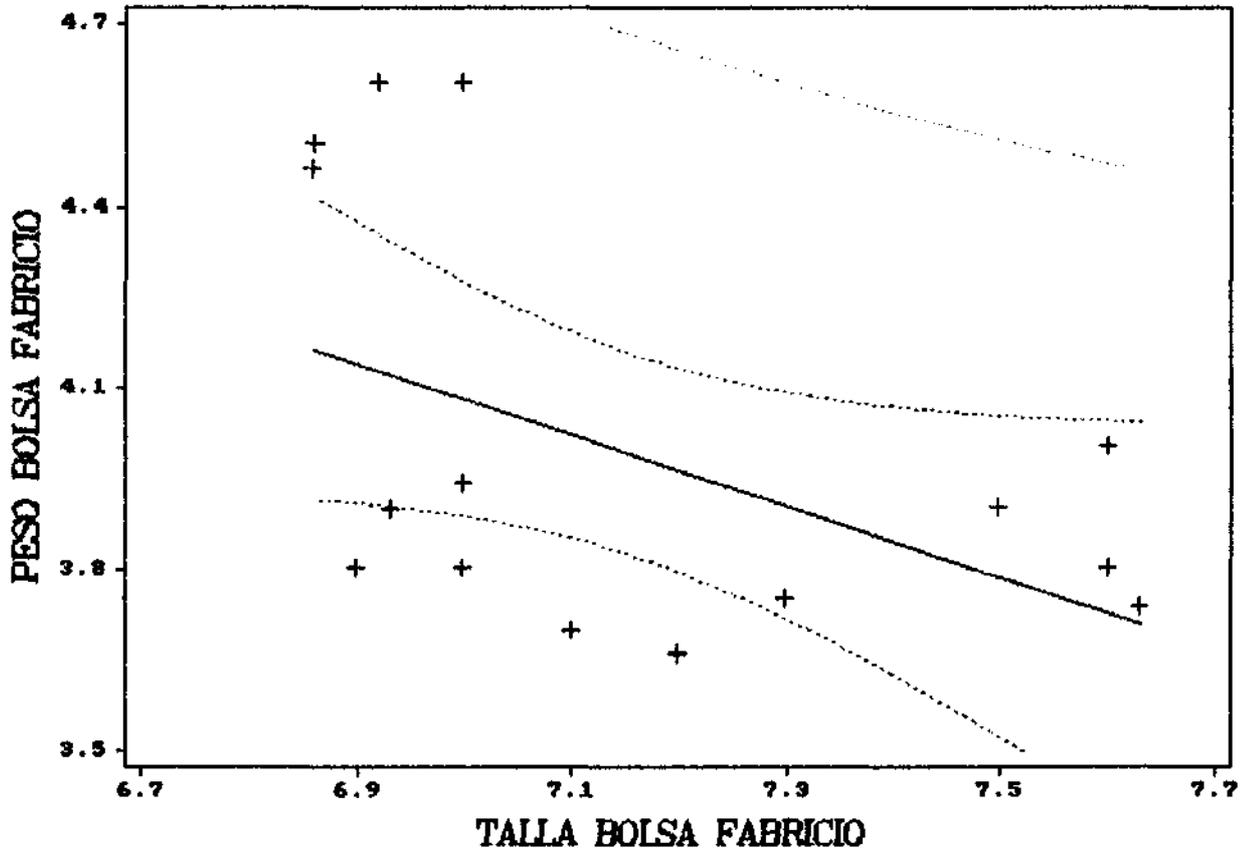
PESO BOLSA FABRI =  $-1.7435 + 3.15E-03 * PESO VIVO$  95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION P. BOLSA FABRICIO Vs P.CANAL



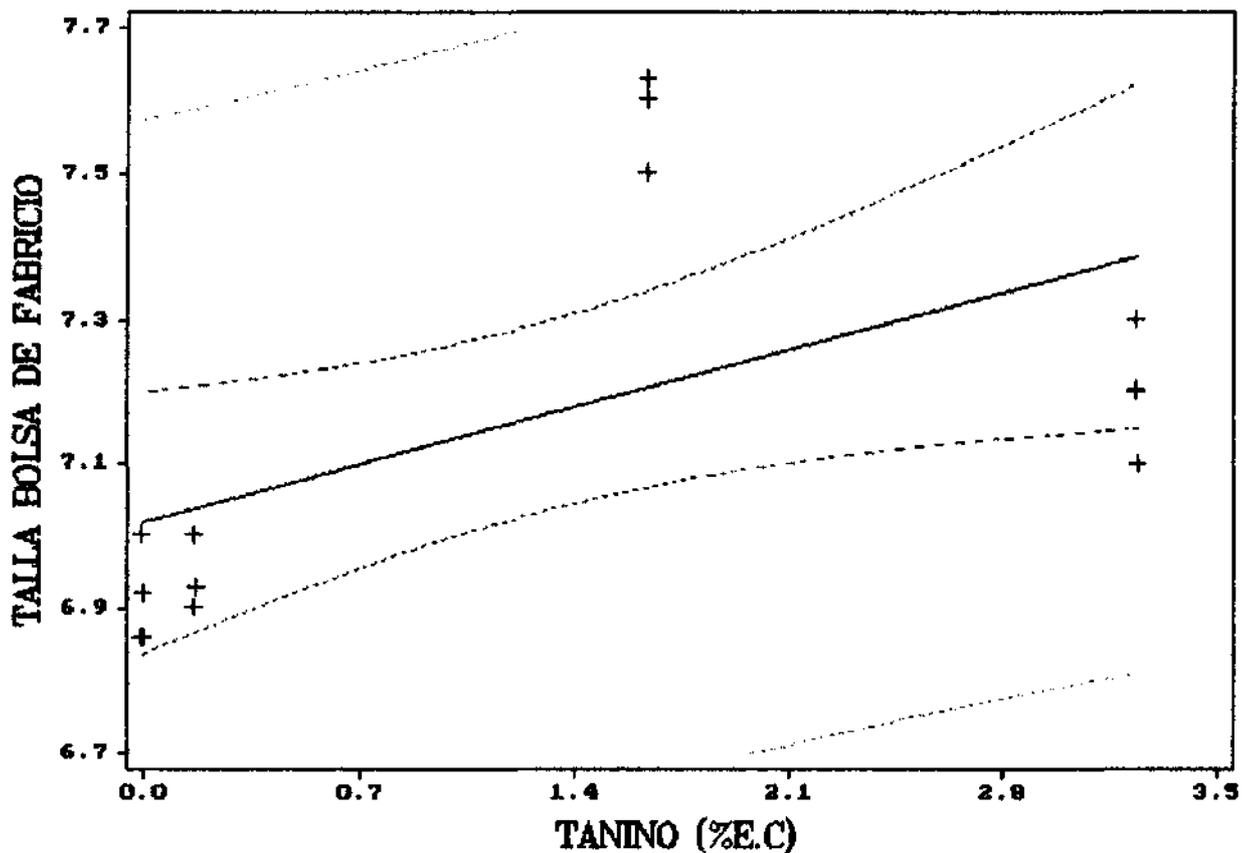
$PESO BOLSA FABRI. = -0.2301 + 2.53E-03 * PESO CANAL$  95% INTERVALO CONFIANZA

### RELACION PESO Vs TALLA BOLSA FABRICIO



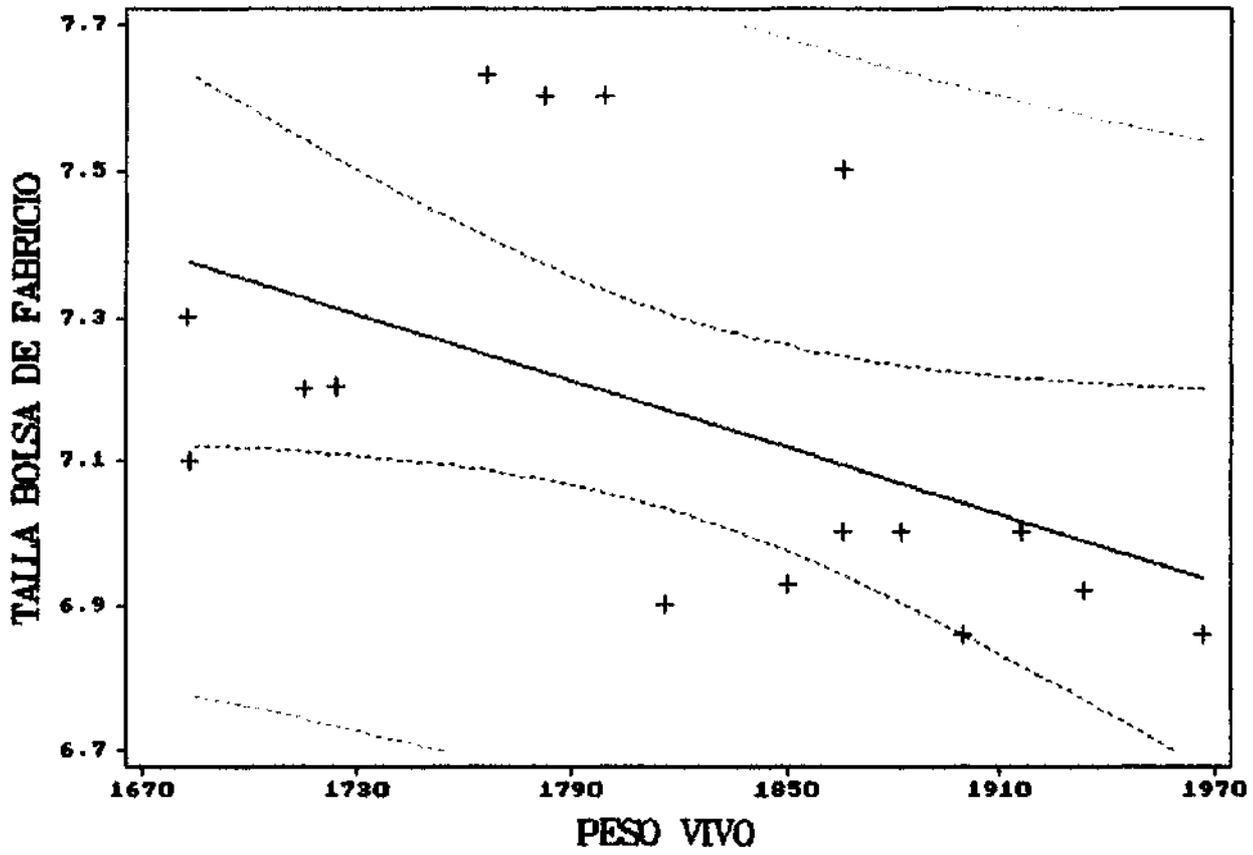
$PESO BOLSA2 = 0.2154 - 0.5902 * TALLA BOLSA$  95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION TALLA BOLSA FABRICIO Vs TANINO



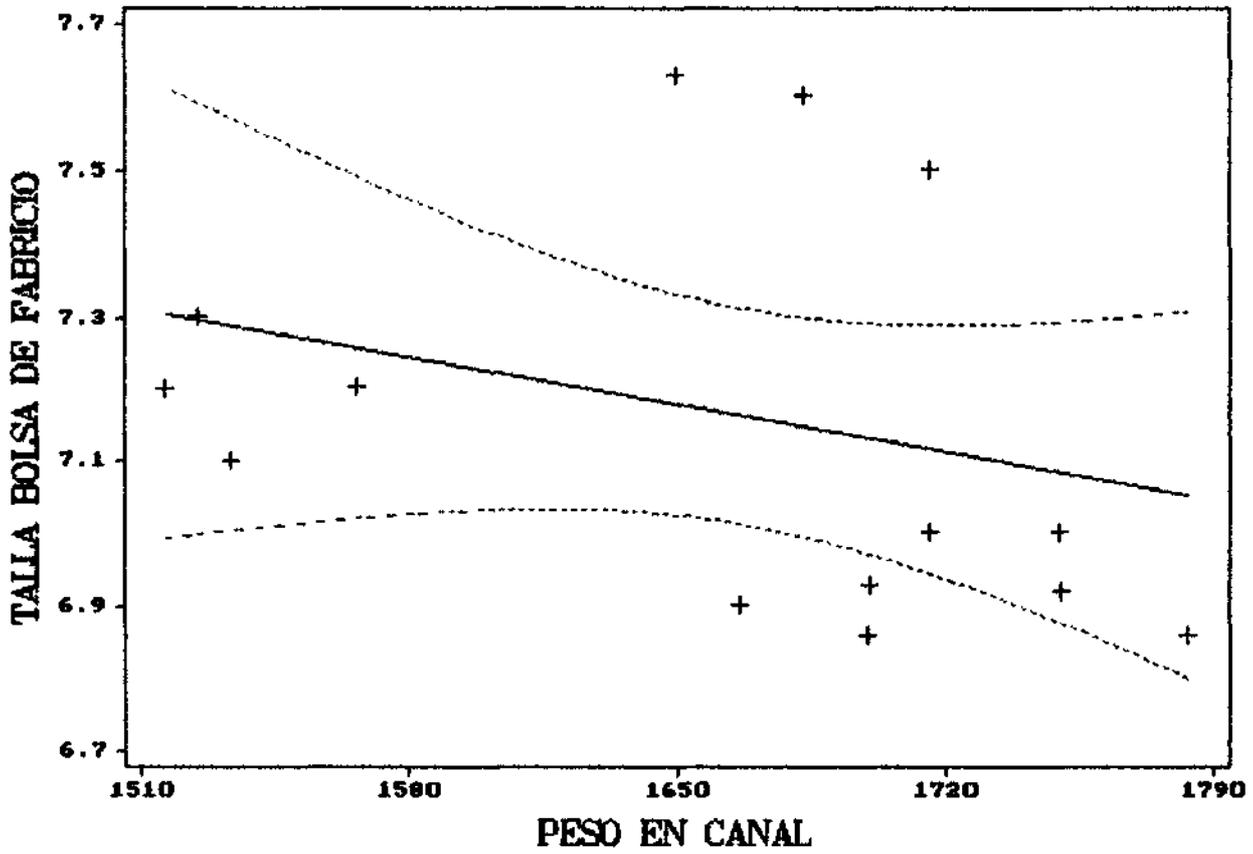
TALLA BOLSA= 7.0194 + 0.1134 \* TANINO(%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION TALLA BOLSA FABRI Vs PESO VIVO



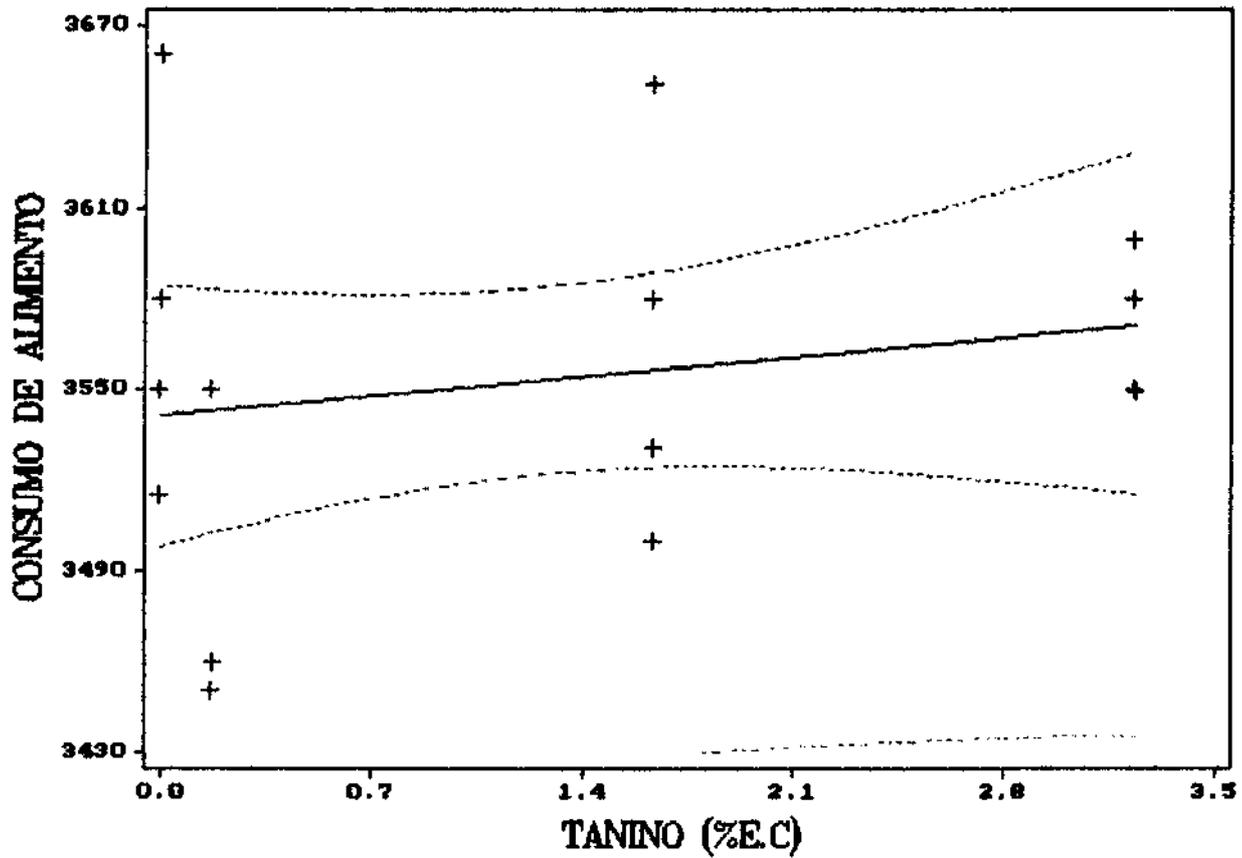
TALLA BOLSA = 10 - 1.56E-09 \* PESO VIVO 95% INTERVALO DE CONFIANZA

RELACION TALLA BLOSA FABRI Vs PESO CANAL



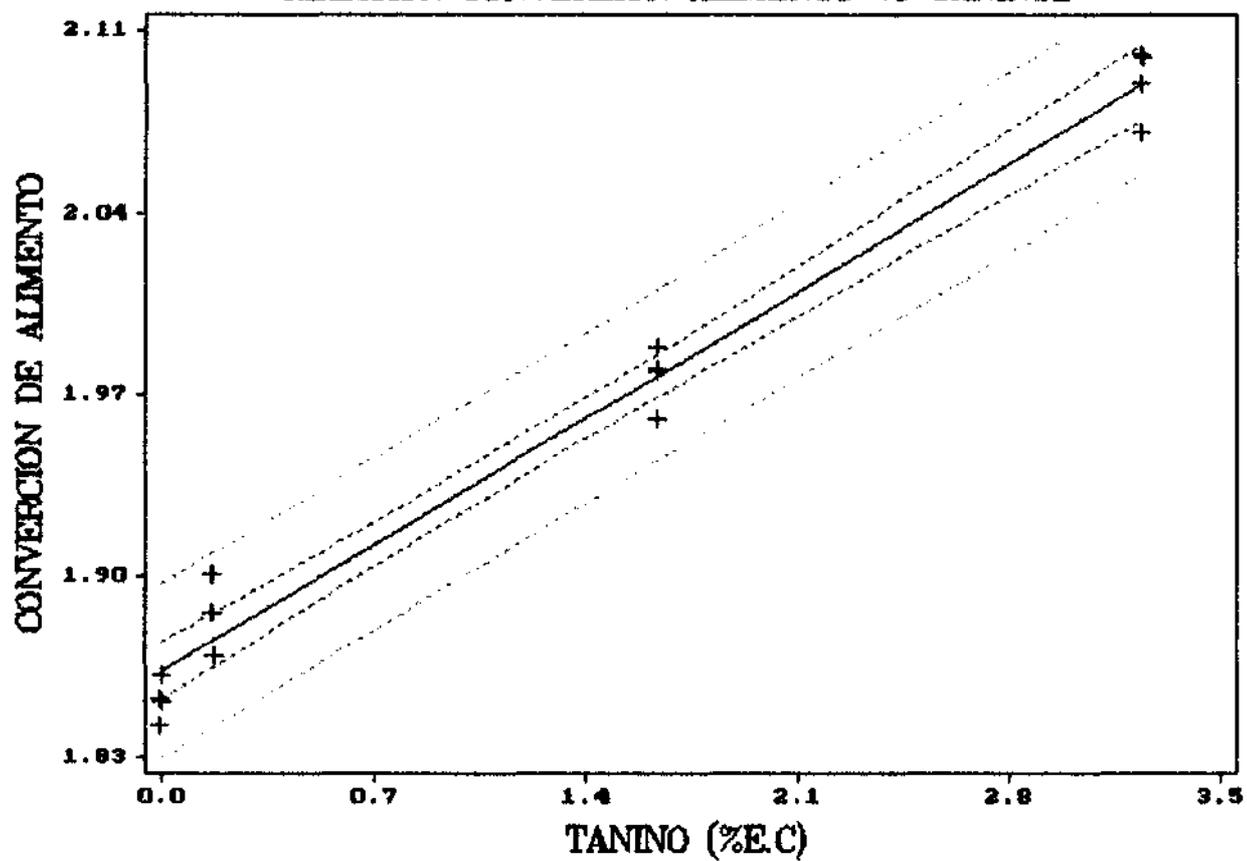
TALLA BOLSA = 8.7816 - 9.71E-04 \* PESO CANAL 95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION CONSUMO ALIMENTO Vs TANINO



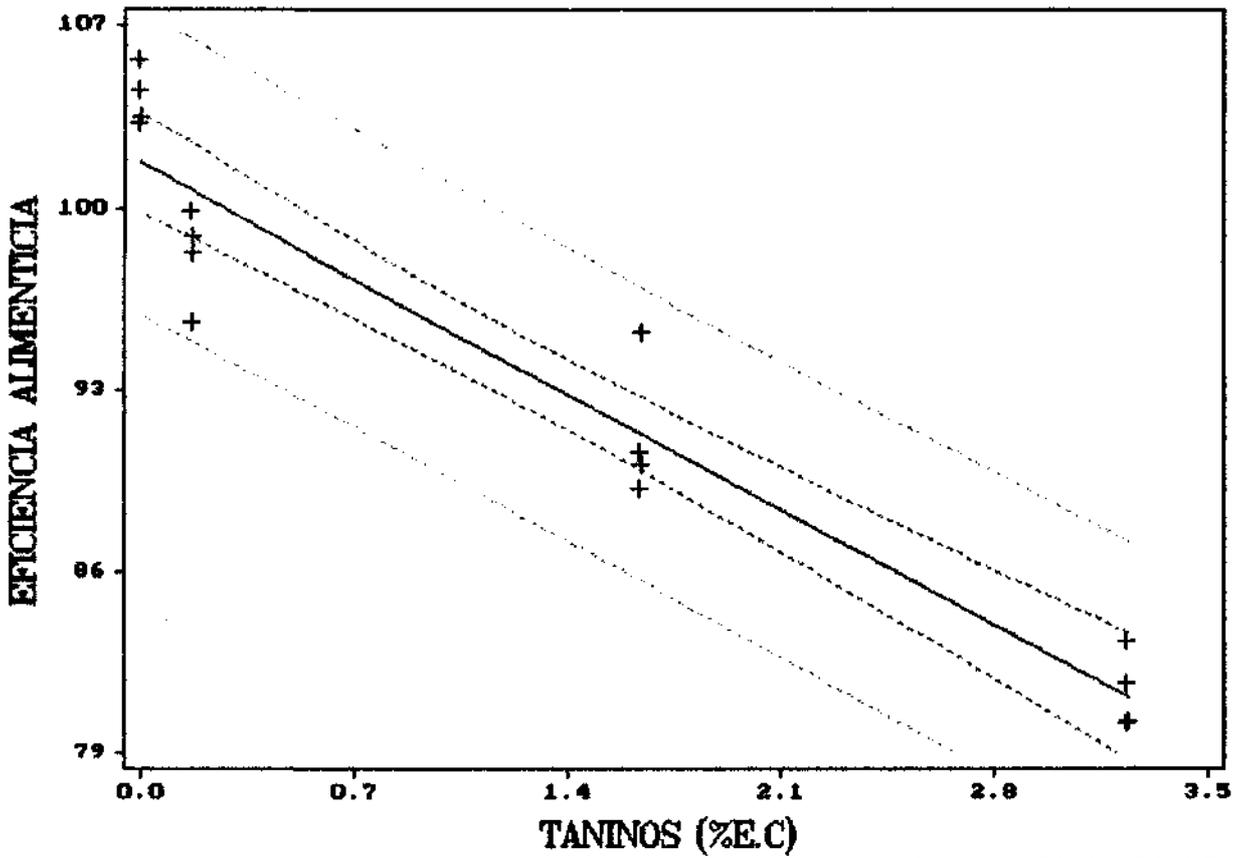
CONSUMO ALIMENTO = 3541.6 + 9.3511 \* TANINO (%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION CONVERSION ALIMENTO Vs TANINOS



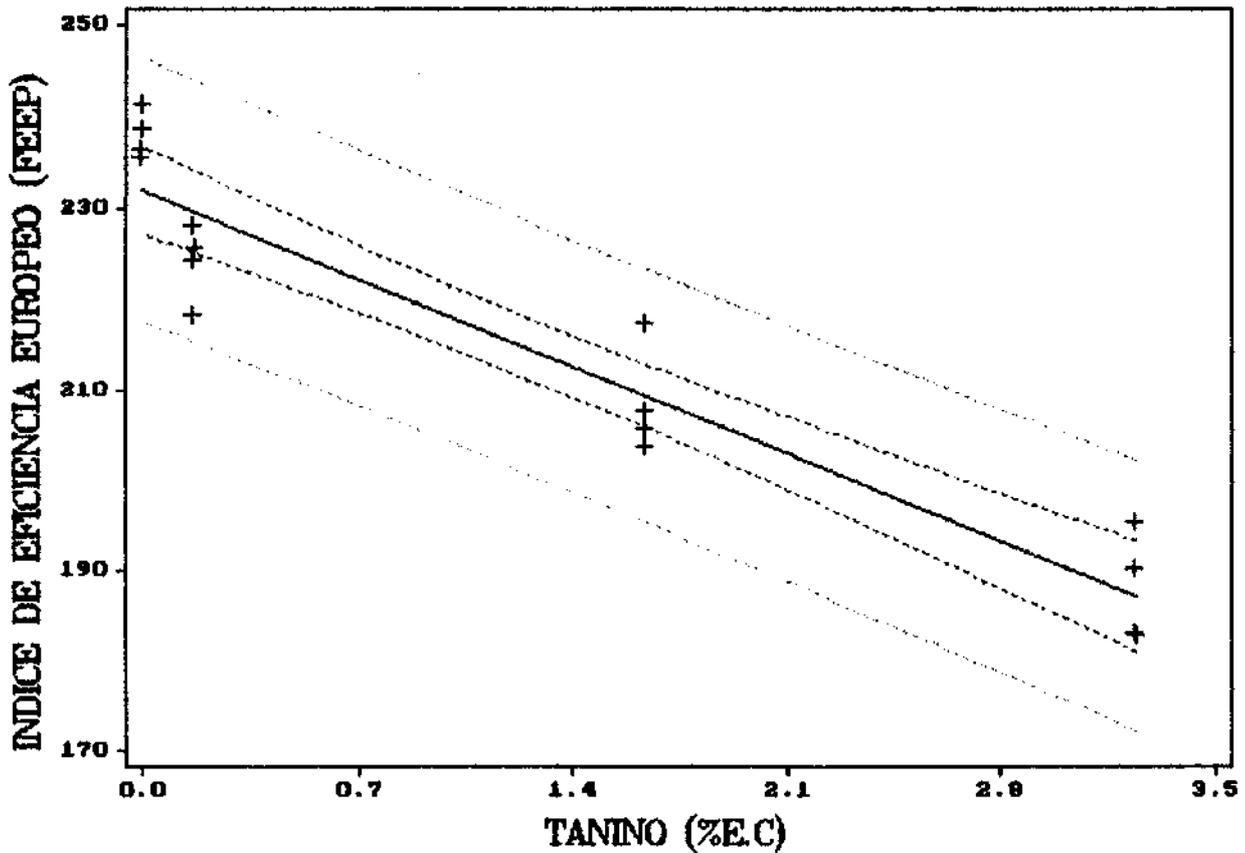
CONVERSION ALIMENTO = 1.8635 + 0.0699\*TAN(%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

# RELACION EFICIENCIA ALIMENTO VS TANINOS



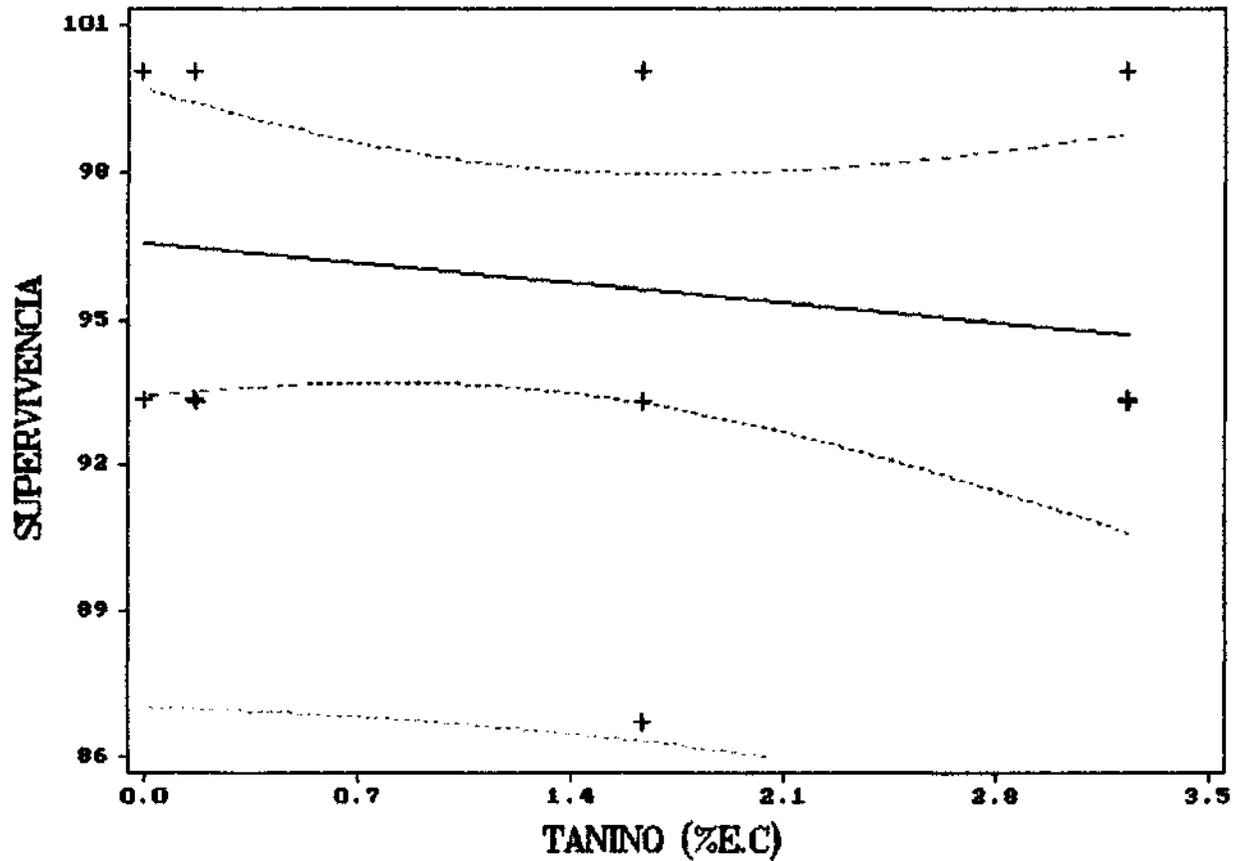
EFICIENCIA ALIM. = 101.76 - 6.3546 \* TA (%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION INDICE EFIC. EUROPEO Vs TANINOS

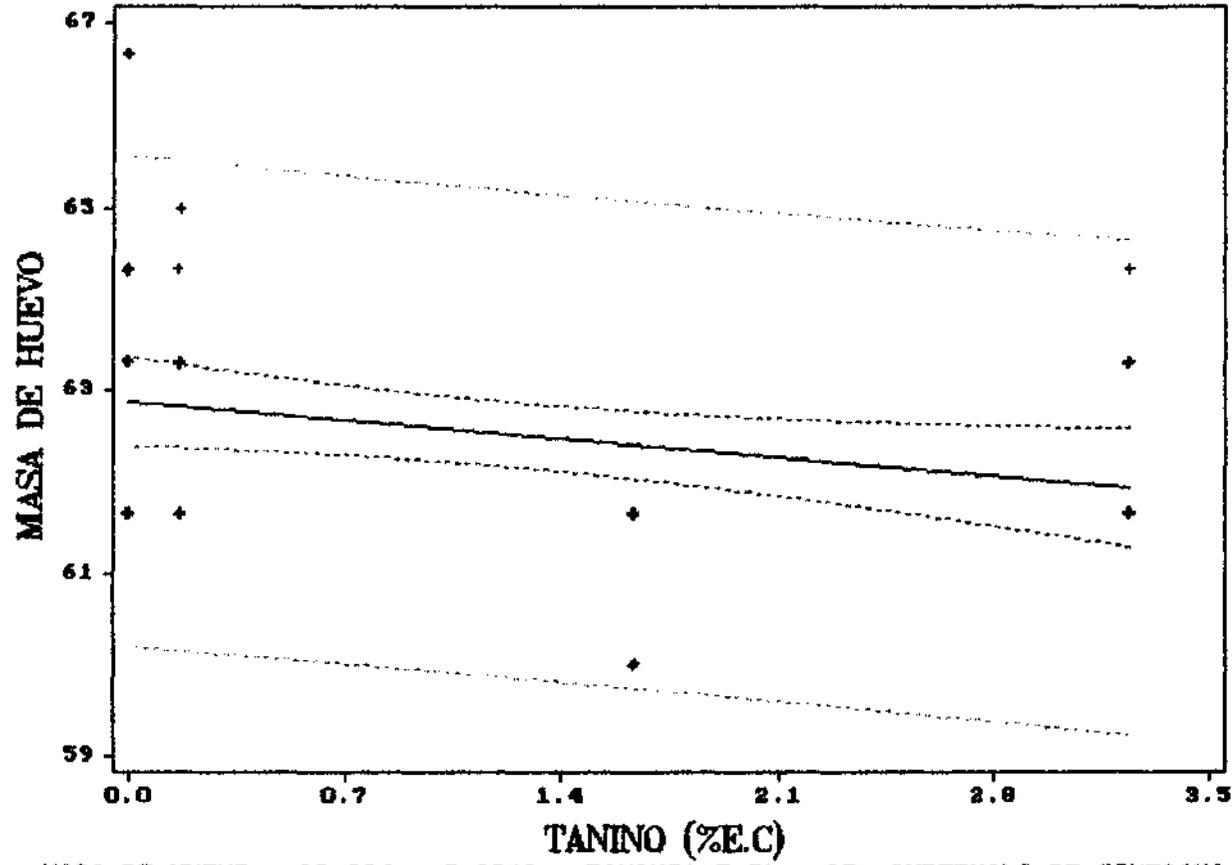


$FEEP = 231.99 - 13.839 * TANINO (\%E.C)$  95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION SUPERVIVE Vs TANINO

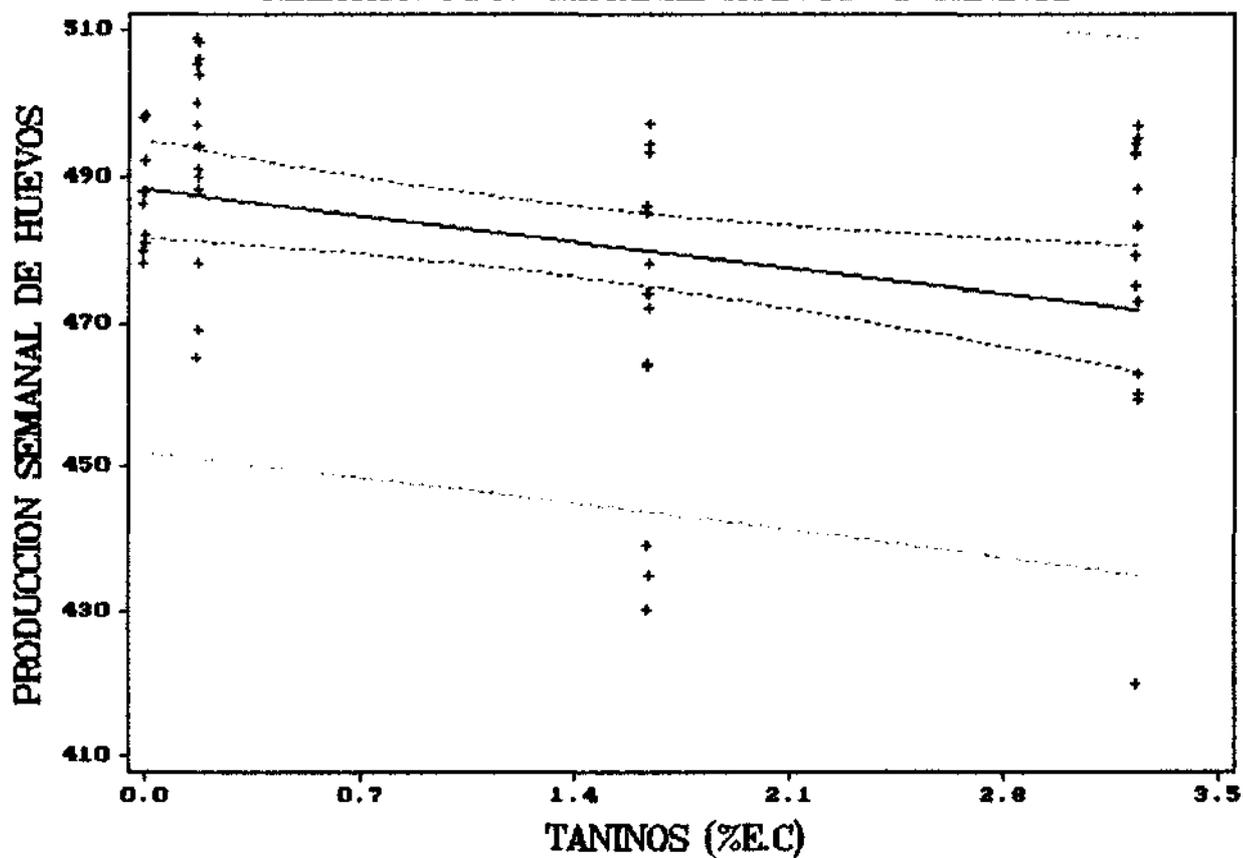


### RELACION MASA DE HUEVOS VS TANINOS



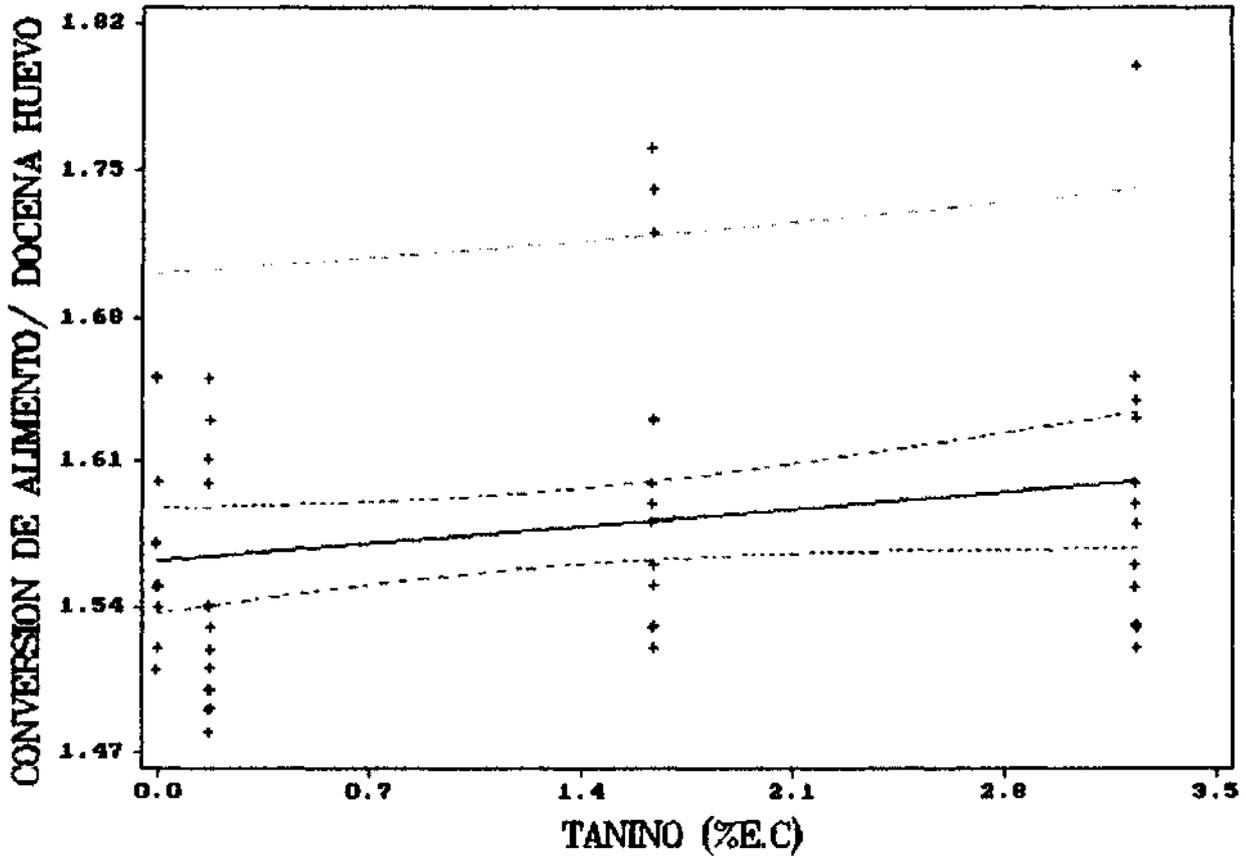
MASA DE HUEVO = 62.884 - 0.2908 \* TANINO(%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION PDON SEMANAL HUEVOS Vs TANINOS



PDON SEM/HUEVO = 488.35 - 5.0593\*TANINO(%E..C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA

### RELACION CONVERSION ALIMENTO VS TANINOS



CONVERSION ALIMENTO = 1.5489 + 0.0170 \* TAN(%E.C) 95% INTERVALO DE CONFIANZA