

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“ EFECTO DE LA GOMA GUAR Y GOMA XANTANA
COMO AGLUTINANTES SOBRE LA CALIDAD FÍSICA
DEL PELLET PARA POLLOS DE CARNE ”**

Presentado por:

MARIELA SUSANA DE MENDIBURU OSORIO

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima – Perú

2014

Dedicatoria

*Dedico esta tesis a Dios, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad,
por brindarme cada día la oportunidad de ser alguien mejor y
permitirme el haber llegado hasta este momento tan
importante de mi formación profesional.*

*A mis queridos padres Felipe y Ruby, por todos sus sacrificios
y oraciones para que pudiera alcanzar esta meta.*

*A mis hermanos, Carmen, Luis y Renzo, de quienes espero se
sientan muy orgullosos de mí, así como yo de ellos.*

A Arturo por brindarme su confianza y apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Peletizado	2
2.1.1 Efecto del peletizado en el alimento	4
2.1.2 Alimento peletizado en pollos de carne	5
2.2 Calidad física del pellet	6
2.2.1 Factores que afectan la calidad del pellet	7
2.3 Aglutinantes	10
2.3.1 Tipos de aglutinantes	11
2.3.2 Las gomas	11
2.3.2.1 Goma guar	12
2.3.2.2 Goma xantana	13
2.3.3 Niveles de uso y efecto sobre la calidad del pellet	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Lugar de ejecución	17
3.2 Instalaciones y equipos	17
3.3 Productos a evaluar	18
3.4 Tratamientos	19
3.5 Dietas experimentales	19
3.6 Parámetros de evaluación	21
3.6.1 Índice de durabilidad del pellet (IDP)	21
3.6.2 Porcentaje de finos	21
3.7 Diseño estadístico	22

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1	Índice de durabilidad del pellet (IDP)	23
4.2	Porcentaje de finos	24
V.	CONCLUSIONES	28
VI.	RECOMENDACIONES	29
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
VIII.	ANEXOS	39

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1	Composición físico – química y nutricional de la goma guar y goma xantana	18
CUADRO 2	Composición porcentual y valor nutritivo calculado de la dieta basal empleada para pollos de carne	20
CUADRO 3	Efecto de las gomas y sus niveles de uso en los parámetros de índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos en dietas peletizadas para pollos de carne	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	Diagrama de flujo del proceso de peletizado	3
FIGURA 2	Flujo del proceso para la obtención de la goma guar	14
FIGURA 3	Flujo del proceso para la obtención de la goma xantana	15
FIGURA 4	Análisis de regresión lineal entre el índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Análisis de variancia de los parámetros en evaluación	40
ANEXO 2	Gráfico de interacción entre los factores de goma y niveles de uso en los parámetros evaluados	41
ANEXO 3	Análisis de contraste entre el control vs los niveles de aglutinante para el índice de durabilidad del pellet (IDP)	42
ANEXO 4	Análisis de contraste entre el control vs los niveles de aglutinante para el porcentaje de finos	43
ANEXO 5	Diagrama de cajas de tukey para el índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos	44
ANEXO 6	Resultados obtenidos para el índice de durabilidad del pellet (IDP) en la evaluación de la inclusión de la goma guar y goma xantana en dieta para pollos de carne	45
ANEXO 7	Resultados obtenidos para el porcentaje de finos en la evaluación de la inclusión de la goma guar y goma xantana en dieta para pollos de carne	46
ANEXO 8	Esquema de la caja pfostr o tambor giratorio	47
ANEXO 9	Niveles de uso de aglutinantes comerciales utilizados en alimentos para aves de corral	48
ANEXO 10	Costo por dosis de aglutinante	49

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto en la goma guar y goma xantana, como alternativas de aglutinantes para mejorar la calidad física del pellet en pollos de carne, medido por los parámetros de índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos. Los estudios se realizaron en la Planta de Alimentos Balanceados de la Universidad Nacional Agraria La Molina durante los meses de febrero y marzo del 2012. Se evaluaron siete tratamientos: un tratamiento control que consistió en una dieta basal peletizada sin inclusión de goma; un segundo, tercero y cuarto tratamiento de dieta basal peletizada con inclusión de goma guar a 0.025, 0.050 y 0.075 por ciento nivel de uso respectivamente; un quinto, sexto y séptimo tratamiento de dieta basal peletizada con inclusión de goma xantana a 0.025, 0.050 y 0.075 por ciento nivel de uso respectivamente. Los tratamientos distribuidos al azar correspondieron a un arreglo factorial (2x3) con seis repeticiones, donde los factores fueron tipo de goma y nivel de uso, más un control. Para la comparación de medias se empleó la prueba de Duncan. Las dietas peletizadas para pollos de carne con inclusión de goma guar y goma xantana presentaron similar efecto aglutinante sobre los parámetros de índice de durabilidad del pellet y porcentaje de finos ($P > 0.05$). Al analizar las dietas con niveles de uso de 0.050 y 0.075 por ciento, también se encontraron efectos similares sobre los parámetros evaluados, sin embargo, difieren significativamente con las dietas a un nivel de uso de 0.025 por ciento y el control ($P < 0.05$).

Palabras claves: goma guar, goma xantana, aglutinante, alimento peletizado, pollos de carne, calidad física

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas la industria avícola viene obteniendo mayores rendimientos en los parámetros de producción gracias a la incorporación de alimentos peletizados. El proceso de peletizado brinda mayor facilidad en el manejo de los ingredientes, aumenta la digestibilidad de los nutrientes, disminuye la segregación de los ingredientes e incluso elimina especies patógenas que pudieran estar contaminando el alimento. Sin embargo, para incrementar la eficiencia en su manufactura se han encontrado en los aglutinantes, la capacidad de disminuir la presencia de finos, incrementar la durabilidad y mejorar la textura del pellet.

Algunos aglutinantes naturales como ceras y lignatos mejoran la calidad del pellet pero a altos niveles de inclusión. Dentro de los aglutinantes semisintéticos las celulosas modificadas como la carboximetilcelulosa (CMC), también son limitadas por sus altos niveles de uso, siendo esta al igual que las bentonitas y lignosulfonatos las más utilizadas en la industria de alimentos balanceados peletizados.

En la búsqueda de alternativas que promuevan una mayor calidad física del alimento peletizado para pollos de carne, se han encontrado en las gomas un poder importante como aglutinantes. En nuestro país, la goma guar, aglutinante natural, ya se emplea como aditivo comercial en la elaboración de alimento peletizado, su capacidad ligante permite lograr una buena fluidez y durabilidad del pellet. El conocimiento generado sobre el uso de esta goma, se debe en gran parte a sus propiedades, actuando como espesante y retenedor de agua, lo cual se observa también en la goma xantana, aglutinante producido por fermentación de bacterias, cuya capacidad ligante aún no ha sido evaluada bajo condiciones locales en alimentos peletizados. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la goma guar y goma xantana, como aglutinantes sobre la calidad física de los pellets para pollos de carne, medido a través del índice de durabilidad del pellet y el porcentaje de finos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

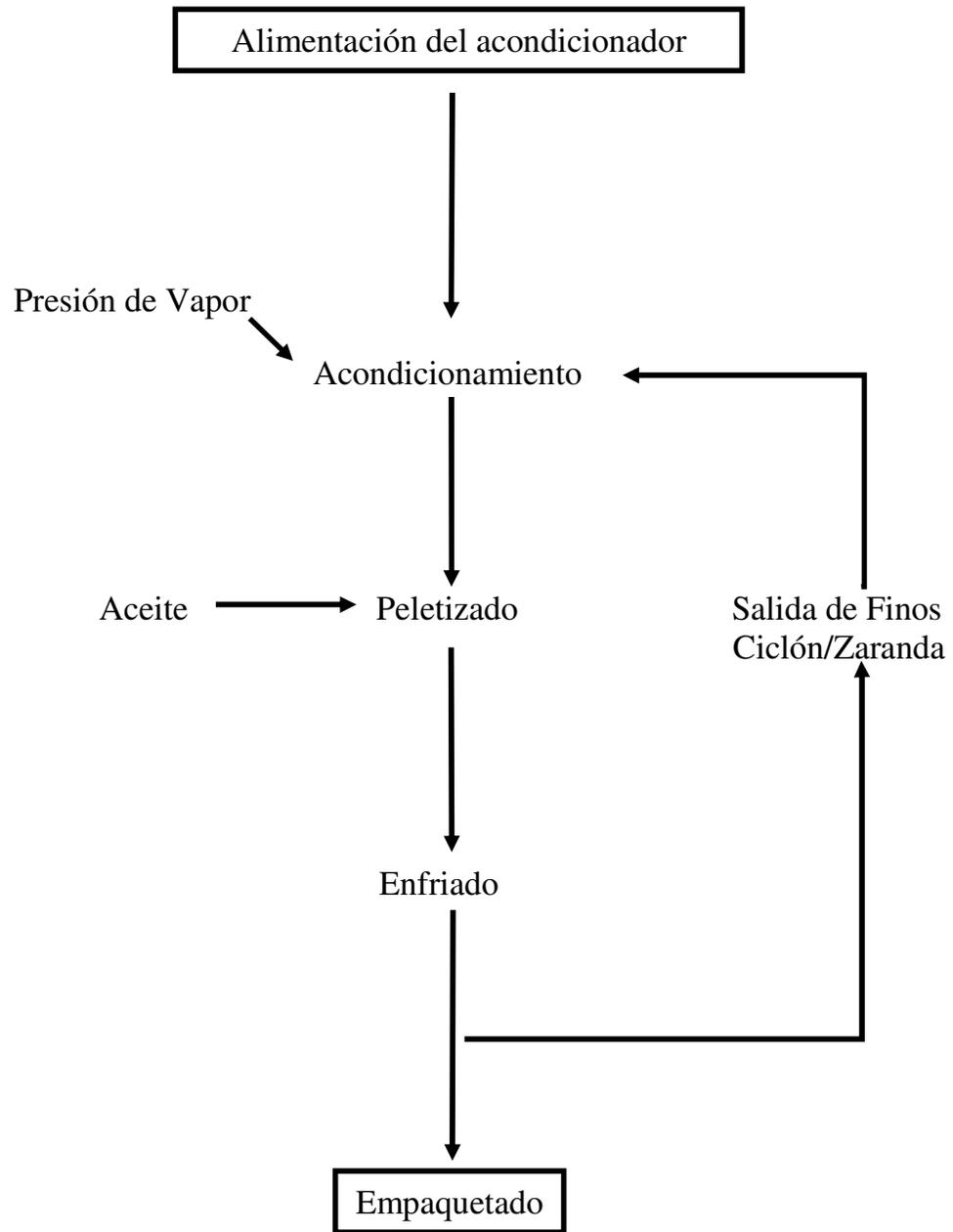
2.1 Peletizado

El peletizado consiste en la aglomeración de partículas pequeñas para formar “comprimidos densos” o “pellets” de mayor tamaño; por medio de un proceso que combina el calor, la humedad y la presión. Plastifica y moldea, logrando compactarse hasta obtener una mayor densidad, permitiendo concentrar nutrientes, utilizar los alimentos de manera más eficiente, y proveer un incremento en la digestibilidad, particularmente de carbohidratos y proteínas (Castaldo, 2006).

En el proceso de peletización primeramente los ingredientes del alimento son mezclados, luego la harina pasa por un acondicionamiento donde es sometida a una mezcla con vapor de agua, a temperaturas entre 70 – 90°C por un período de tiempo variable, entre 15 a 60 segundos (Penz, 2002). El vapor saturado, aumenta la humedad y el calor de la harina, formando una masa, de esta forma los gránulos de almidón se dispersan y degradan creando un polímero, que funciona como adherente para atrapar otras partículas, favoreciendo así la aglutinación del alimento (Guy, 2001). El Diagrama de Flujo del Proceso de Peletizado se presenta en la Figura 1.

En la formación de los pellets, la masa es presionada por la acción de los rodillos contra agujeros de forma cilíndrica en molde o dado, la fricción de la misma no permite el flujo libre de la masa hacia afuera del dado, por lo que la presión de la masa y el rodillo generan el pellet cuando este fluye hacia la parte de afuera del dado (Kaliyan y Morey, 2008). La harina queda convertida en partículas cilíndricas de diámetro uniforme, usualmente entre 2.5 y 5.0 mm., para pollos de carne (Pesti *et al.*, 2005). Finalmente los otros procesos relacionados con la operación son el enfriamiento y secado para evitar que la humedad afecte el producto final (Behnke, 1994).

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de peletizado



Fuente: Caballero, (2010)

2.1.1 Efecto del peletizado en el alimento

Las dietas en forma de pellets al ser comparadas con las dietas en harina, mejoran el rendimiento productivo del ave. Moran (1987) citado por Maiorka y Penz (1997) mencionan que la peletización aumenta la digestibilidad de algunos nutrientes. En el caso de los carbohidratos, Woodrooffe (1995) indica que la digestibilidad aumenta porque la temperatura desagrega los gránulos de amilosa y amilopectina, facilitando la acción enzimática. Los gránulos de almidón al absorber pequeñas cantidades de agua en presencia de calor se hinchan transformándose en un gel, el cual posee una buena capacidad de absorción. El almidón gelatinizado tiene una fuerte capacidad ligante y tiende a ser más digerible que el almidón crudo, mejorando el valor energético del alimento. Una similar observación fue también reportada por Zimonja y Svihus (2009), sin embargo, en la peletización solamente entre un 1 y 20 por ciento del almidón es gelatinizado (Svihus *et al.*, 2004), de tal forma que el impacto sobre la digestibilidad es muy reducido.

La peletización solubiliza parcialmente las proteínas, por la alteración de sus estructuras naturales, y libera varios nutrientes con la rotura de la pared de las células (López, 1999). La combinación del corte, calor, tiempo de permanencia y agua dan como resultado una desnaturalización parcial de las proteínas en el alimento (Thomas *et al.*, 1998). A pesar que constantes mejoras debido al peletizado no han sido reportadas, el calor térmico puede aumentar la digestibilidad de las proteínas mediante la inactivación de enzimas inhibitoras y la desnaturalización, con la cual se puede revelar nuevas áreas para el ataque de enzimas. (Lock 1997).

Con respecto a los aceites y grasas de los alimentos, al ser peletizados sufren un proceso de emulsión, debido a la fuerte presión a la que son sometidas las gotas de grasa, las cuales son recubiertas por los almidones y proteínas quedando la grasa encapsulada, ésta al ser emulsionada, siendo más digestible incrementa la energía del producto (Valls, 1993).

Debido a ello algunos autores recomiendan una reducción de por lo menos 100Kcal EM/Kg en la dieta cuando está es producida en forma de pellets (Lecznieski *et al.*, 2001, citado por Penz, 2002).

No existe mucha información sobre el efecto beneficioso directo del proceso de peletizado sobre la digestibilidad de la fibra. Los resultados obtenidos son inconsistentes y en el mejor de los casos de limitado valor práctico. Las paredes celulares tienen un carácter estructural y contienen un alto porcentaje de hidratos de carbono complejos tipo lignina, celulosa, hemicelulosas y sustancias pécticas; niveles altos de estos componentes vienen asociados con baja digestibilidad en monogástricos. Los nutrientes quedan encapsulados o protegidos por estas estructuras que evitan o dificultan el acceso y trabajo eficaz de los enzimas. La peletización rompe la continuidad de las paredes celulares y facilita la acción enzimática (Thomas *et al.*, 1998).

La peletización puede destruir las vitaminas A, E y K especialmente si las dietas no contienen adecuada cantidad de antioxidante para prevenir la oxidación acelerada de las vitaminas en la presencia de alta humedad y temperatura, o si las vitaminas no fueron fabricadas con protección encapsulada para tal proceso. Por otro lado, la peletización puede aumentar la disponibilidad de ácido nicotínico, biotina y vitamina E de ingredientes naturales (Bellaver y Nones, 2000).

2.1.2 Alimento peletizado en pollos de carne

Un incremento en el consumo de alimento es una de las motivaciones primarias por la cual el brindar alimento peletizado a pollos de carne es un factor muy importante (Svihus *et al.*, 2004). Abdollahi *et al.*, (2011) reportaron un incremento de 14 por ciento en el consumo de alimento durante la primera fase (1 – 21 días de edad). En otro estudio realizado por Penz (1998) y Nir *et al.*, (1995) citados por Zumbado (1999); al evaluar el efecto del alimento peletizado en pollos a los 42 días de edad se encontraron mejoras en los parámetros evaluados de consumo (1.2 a 5.1 por ciento); ganancia de peso (3.1 a 7.9 por ciento); y conversión alimenticia (2.1 a 2.7 por ciento), con respecto a los pollos alimentados con alimento en harina. La mayor ganancia de peso de los pollos alimentados con pellets es atribuída a que estos presentan una menor relación de consumo de EM/unidad de ganancia de peso vivo, cuando fueron comparados con los consumos de aves que reciben dietas en harina con similar nivel de energía.

Lily *et al.*, (2011) mostraron que un incremento en el porcentaje de pellets enteros de 30 a 60 y 90 por ciento en dietas de pollos, en primer lugar aumenta el consumo de alimento y consiguiente la ganancia de peso y mejora la conversión alimenticia. McKinney y Teeter (2002) explican que esto se da como resultado del mayor porcentaje de pellet sin polvo y más aún en relación a las aves porque van a gastar menos tiempo para consumir la ración y eso representa una reducción de la actividad, de esa manera mejorando el aprovechamiento de la energía, llevando la mayor disposición a los tejidos para su crecimiento.

En el trabajo desarrollado por Maiorka *et al.*, (2005) indican también que la peletización mejora el consumo de la dieta y la eficiencia de la energía metabolizable aparente, sin embargo, notaron que los pollos de carne consumiendo raciones peletizadas presentaban mayor cantidad de grasa abdominal y total en la carcasa y vísceras. Los beneficios de la peletización fueron más evidentes en raciones de baja energía, ya que el aumento de los niveles energéticos de una dieta, más allá de proporcionar mejoría en la eficiencia del alimento, disminuye el consumo de alimento, que es la variable con más influencia en los resultados positivos de la peletización.

2.2 Calidad física del pellet

La calidad física del pellet se refiere a la durabilidad, un concepto que expresa el comportamiento de los gránulos a las distintas manipulaciones que sufren desde que son fabricados hasta que llegan al comedero de los animales sin desmoronarse, alcanzando comederos con una baja proporción de finos (Amerah *et al.*, 2007a). Si bien es cierto la durabilidad es de suma importancia para identificar si un pellet es de buena calidad, lo que es primordial es encontrar la cantidad final de finos que llegarán al comedero y por lo tanto lo que consumirá el animal, ya que el consumo de finos es lo que influencia negativamente en el rendimiento del animal.

En el transcurso desde la elaboración del pellet actúan fuerzas dinámicas causadas principalmente por los sistemas de transporte, llenado o vaciado del mismo. Durante su almacenaje en silos, los pellets también están sometidos a fuerzas estáticas causadas por su propio peso (Thomas y Van der Poel, 1996).

La durabilidad se mide con el Índice de durabilidad del pellet (IDP), la cual se puede determinar utilizando el analizador de pellets o caja giratoria Pfof (ASAE, 2007). La técnica fue desarrollada por científicos americanos Young, Pfof y Allen, en la actualidad se utiliza como metodología en la mayoría de las plantas de alimentos. De acuerdo con el procedimiento de Pfof (1963), la durabilidad es medida induciendo a las partículas finas a través de una acción de abrasión de pellets golpeándose entre ellos contra la pared de la caja Pfof. La resistencia o consistencia a la abrasión de los pellets es un índice muy importante a la hora de determinar la calidad física de los alimentos peletizados.

Algunos investigadores indican que solo se necesita un valor del 65 – 80 por ciento de IDP en los alimentos de pollo de carne, sin embargo Amerah *et al.*, (2007b) demostraron que con un IDP mayor a 90 por ciento se obtienen pellets con una excelente calidad. Kaliyan y Morey (2008) encontraron que pellets que presenciaban menor cantidad de finos eran los que se encontraban con valores de IDP entre 94 – 96 por ciento. Lewis (2010) demostró que los mayores cambios en el IDP ocurren dentro de las primeras dos horas luego de que los pellets pasan por el enfriador, logrando incrementar el IDP hasta en un 2 por ciento.

Si en todo el proceso de elaboración del peletizado se encuentra de 10 – 15 porcentaje de finos, el efecto en el crecimiento y la conversión alimenticia son casi nulos, pero si se tiene de un 25 – 30 porcentaje de finos el crecimiento se ve limitado en un 2 por ciento, por otro lado si la cantidad de finos llega a ser hasta un 70 por ciento se verá afectado en un 4 por ciento (Castillo, 1999).

2.2.1 Factores que afectan la calidad del pellet

Existen múltiples factores que afectan la calidad de los pellets. Según Thomas y Van der Poel (1996) los ingredientes que componen la dieta, el proceso tecnológico del peletizado y los aglutinantes, son los principales. Nilipour (2011) menciona que dentro de los ingredientes, los factores de mayor importancia para la calidad del pellet son la formulación y el tamaño de partícula, mientras que dentro del proceso tecnológico el acondicionamiento de la harina.

Los ingredientes incorporados en el alimento influyen en la calidad del pellet en diferentes formas. Winowski (1998) demostró que incrementando la proporción de trigo (de 0 a 600g/kg) en dietas en reemplazo de maíz, se genera un incremento del IDP de 32 (68 porcentaje de finos) a 73 (27 porcentaje de finos). Un alto contenido de proteína cruda en el trigo (130 g/kg) comparado al del maíz (90 g/kg) justifica la alta durabilidad en pellets a base de trigo. Estos resultados son congruentes con estudios realizados por Briggs *et al.*, (1999) quienes encontraron que incrementando el contenido de proteína cruda de 163 a 210 g/kg aumenta el promedio del IDP de 75.8 a 88.8 por ciento. Este efecto se atribuye probablemente a la formación de enlaces puentes de hidrógeno entre la porción hidrofílica de la proteína con las moléculas de agua proporcionado por la incorporación de vapor (Maier y Briggs, 2000). El trigo tiene una alta capacidad formadora de masa que el maíz debido a altas concentraciones de proteínas de gluten y hemicelulosas (pentosas/hexosas) que sirven como ligantes (Jensen, 2000).

Zimonja *et al.*, (2008) observaron una durabilidad superior y alta resistencia a la ruptura en pellets a base de avena comparados con trigo. Esta mejor calidad de pellets en dietas con avena puede verse explicado por el alto contenido de almidón gelatinizado presente. Abdollahi *et al.*, (2010) reportaron baja durabilidad en pellets a base de sorgo comparado con dietas a base de maíz.

Por otra parte la grasa, debido a su efecto lubricante, puede reducir la fuerza de fricción generada en los agujeros de los dados y dar como resultado menor calidad del pellet. Además la inclusión de altos niveles de grasa en la dieta puede parcialmente recubrir las partículas del alimento, creando en ellas una barrera contra la penetración de vapor, evitando la gelatinización del almidón y el desarrollo del poder de adhesión (Löwe, 2005).

El tamaño de partícula de los ingredientes también tiene una influencia en la calidad de los pellets. Angulo *et al.*, (1996) mencionan que incrementando el tamaño del cernidor de malla de 3 a 6 mm decrece notablemente la durabilidad de los pellets. Wondra *et al.*, (1995) reportaron que incrementando el tamaño de partícula de 400 a 1000 μm (micras) el IDP decrece de 86.4 a 78.8 por ciento. A su vez, Thomas *et al.*, (1998) postularon que el grado de las partículas gruesas da como resultado puntos débiles, facilitando ruptura en los pellets, decreciendo así la calidad de los mismos.

En dietas a base de trigo con partículas gruesas, Svihus *et al.*, (2004) observaron una pequeña reducción en la durabilidad de los pellets. Este resultado fue atribuido debido a un incremento de puntos débiles, así como al bajo contenido de almidón gelatinizado en los pellets. Sin embargo, Amerah *et al.*, (2007a) no encontraron diferencias entre el IDP en pellets elaborados en dietas a base de trigo realizadas con partículas de mediano grosor (3mm tamaño del cernidor) y gruesas (7 mm tamaño del cernidor). Con dietas a base de cáscaras de avena, Zimonja *et al.*, (2008) reportaron que la adición de partículas finamente molidas incrementan la durabilidad del pellet mientras que tal efecto no fue observado con partículas gruesas.

Dentro del proceso tecnológico del peletizado, el acondicionamiento es un factor importante que afecta la calidad de los pellets. Briggs *et al.*, (1999) estudiaron el efecto de la presión de vapor en la calidad del pellet y encontraron que la durabilidad del pellet no estaba influenciada por presiones de vapor entre 138 y 552 kPa. Resultados similares fueron observados por Stevens (1987) quien reporta, que estando entre esos mismos límites de presión de vapor durante el acondicionamiento a 65°C, no existe efecto en el IDP para dietas a base de maíz y trigo. Otros autores como Cutlip *et al.*, (2008) también reportaron que una presión de vapor elevada en el acondicionamiento (552 kPa), no presenta efecto significativo en el IDP de una dieta a base de maíz y soya, al ser comparada con una baja presión de vapor (138 kPa). Dentro del acondicionamiento con vapor, las mejoras en la calidad del pellet obtenidas con variaciones en la temperatura fueron más dramáticas que aquellas asociadas con la presión. La razón del bajo efecto de la presión de vapor puede deberse a las propiedades termodinámicas del mismo.

De acuerdo con Maier y Briggs (2000) sólo existe un 2.3 por ciento de diferencia entre las entalpías de vapor de 138 y 552 kPa. La entalpía representa energía de vapor que puede ser transferida a la harina para elevar la temperatura. Los mismos autores recomiendan que las plantas de alimento deben aplicar una presión de vapor entre los 241 y 276 kPa. Con frecuencia, una baja presión (138 kPa) no puede separar adecuadamente el condensado colectado en las tuberías de vapor, causando agua excesiva en la harina, lo cual podría llevar a un taponamiento de la peletizadora. Por otro lado, también indican que el continuo uso de presiones de vapor elevadas, 552 kPa, no es económicamente aceptable debido al gran aporte de energía requerido por la caldera.

En un proceso de peletizado convencional, para elevar la temperatura en el acondicionamiento se tiene que aumentar el caudal del vapor de agua. Más vapor significa más calor y humedad; los dos pre-requisitos necesarios para una adecuada adhesión entre las partículas, y así mejorar la calidad del peletizado. Cutlip *et al.*, (2008) reportaron que incrementando la temperatura de 82.2 a 93.3°C se incrementa el IDP a 4.0 puntos de porcentaje. Otros autores como Abdollahi *et al.*, (2011) también afirman que existen efectos positivos en la calidad física de los pellets para dietas a base de trigo, maíz y sorgo.

2.3 Aglutinantes

Los aglutinantes, también llamados biopolímeros o hidrocoloides son sustancias naturales o artificiales que han evidenciado tener propiedades muy importantes como adhesión y cohesión entre las partículas. Su principio básico es de reducir la fricción dentro de los agujeros del dado, lo cual a su vez reduce el consumo de energía y/o la abrasión, es así como auxilian y aumentan la capacidad de peletización de los ingredientes, mejorando la calidad del pellet, aumentando la productividad (Moreira y Cordoves, 2003).

Según Moritz y Lilly (2010) un aglutinante puede ser tan simple como agregar agua al mezclador, pero el agua en sí no actúa como agente aglutinante, sino la lignina natural dentro de la materia prima. Cuando se añade agua a la materia prima se obtienen dos efectos importantes, el primero es que ayuda a esparcir la lignina, incrementando los enlaces dentro del pellet, y el segundo es que incrementa la presión de la materia prima dentro del agujero del dado. Este incremento puede contribuir a la compresión del pellet, generando pellets de mayor calidad.

Cuando la calidad física de los pellets no es suficiente para obtener productos saludables, o no satisface la calidad estándar de manufactura, agentes aglutinantes pueden ser incorporados intencionalmente con la finalidad de conservar, intensificar o modificar sus propiedades deseables (Escobar y Correa, 2010).

2.3.1 Tipos de aglutinantes

Penna (2002) clasifica a los aglutinantes en tres categorías principales, aglutinantes naturales, semisintéticos y sintéticos. Muñoz y Guillaume (2004) mencionan dentro de los aglutinantes naturales a los extractos de plantas terrestres, como la goma arábica y goma guar; a los extractos de algas marinas, como los alginatos y agar, que son capaces de formar geles estables en presencia de iones de calcio. Dentro de los aglutinantes semisintéticos mencionan a los extractos bacterianos como la goma xantana y gelano. También clasifican en esta categoría a las celulosas transformadas como la carboximetilcelulosa (CMC), y a los lignosulfonatos, que son derivados de la industria papelera. Devresse (1998) agrupa dentro de los aglutinantes sintéticos a los agentes como la polimetilcarbamida y mezclas de urea formaldehído – sulfato de calcio con propiedades de aglutinación doble. En general dentro de este grupo todos poseen urea como compuesto fundamental, la cual es muy higroscópica, por esta razón se humedecen y pierden actividad aglutinante cuando están expuestos a altas temperaturas y humedades ambientales (Bortone, 2001). Los aglutinantes naturales, al contrario, no presentan estas desventajas.

Los aglutinantes más estudiados son las celulosas modificadas, almidones modificados, sustancias pécticas, gelatinas u otras proteínas y las gomas. La mayoría son de naturaleza polisacárida, con largas cadenas, ramificadas o no; de glúcidos simples, glucosa, galactosa, manosa, gulosa y/o sus respectivos ácidos glucónico, galacturónico, manurónico (Kaliyan y Morey, 2008).

2.3.2 Las gomas

Las gomas son definidas como hidrocoloides, mucílagos, o también como polisacáridos solubles en agua, que pueden ser extraídas a partir de vegetales terrestres o marinos, o de microorganismos (Pasquel, 2001). Su estructura macromolecular específica es caracterizada por la presencia de varios grupos funcionales polares, lo cual le permite retener cantidades significativas de agua o fluidos biológicos, formando hidrogeles, es decir, redes tridimensionales estables capaces de generar resistencia al agua durante todo fenómeno físico o químico que se presente, tal como la formación de gel y procesos que vinculan pH cambiantes (Coviello *et al.*, 2007).

Tecnológicamente, las gomas son necesarias para alterar la textura y la consistencia de los alimentos. Drochner *et al.*, (2004) muestran propiedades que las hacen adecuadas para su uso en el aumento de la vida útil de alimentos, actúan como agentes espesantes o gelificantes, así como también son estabilizantes de emulsiones (Volpe *et al.*, 2010). La industria de procesamiento de alimentos, así como otras aplicaciones industriales de las gomas, aprovechan de sus propiedades físicas, especialmente su viscosidad y su estructura coloidal.

2.3.2.1 Goma guar

La goma guar (E-412) es un polisacárido hidrocoidal obtenida de las semillas de *Cyamopsis tetragonolobus*, planta que pertenece a la familia de las leguminosas y crece en regiones áridas de India y Pakistán (Penna, 2002).

A diferencia de las semillas de otras leguminosas, el guar tiene un endospermo de forma esférica que contiene cantidades significativas de galactano y manano, químicamente descrito como galactomanano (19 a 43% de toda la semilla). Se caracteriza por ser una molécula lineal de cadena larga de beta-1,4-D-galactomananos, con enlace alfa 1,6 D-galactosa. Tiene un alto peso molecular que en presencia de agua fría o caliente se dispersa e hincha rápidamente para formar un gel viscoso, el cual brinda a la solución un excelente poder espesante que es de 6 a 10 veces más alto que el obtenido a partir del almidón (Izydorczyk *et al.*, 2005).

La goma guar debido a sus propiedades físicas tiene muchas aplicaciones en diversos sectores industriales pero principalmente se utiliza en la industria de alimentos. La industria alimentaria emplea goma guar como un agente espesante, un agente estabilizante y como emulsionante en muchos productos (Park, 2001). Esta goma no se afecta considerablemente a bajos valores de pH, siendo efectiva en productos ácidos. Es muy eficiente para retener agua en productos cárnicos, alimento para animales; igualmente, actúa como estabilizador en jugos, productos de panadería, entre otros. (Penna, 2002).

El procesamiento de las semillas para la obtención de la goma guar comprende varias operaciones (figura 2), destinadas a separar las semillas de las vainas y luego la goma de las semillas. Las técnicas de proceso influyen las características de la goma guar y, generalmente, son propiedad de los productores. Al final se obtiene la goma guar en forma de polvo de flujo libre, color blanco o ligeramente amarillo, inodoro (Rodríguez, 2003)

2.3.2.2 Goma xantana

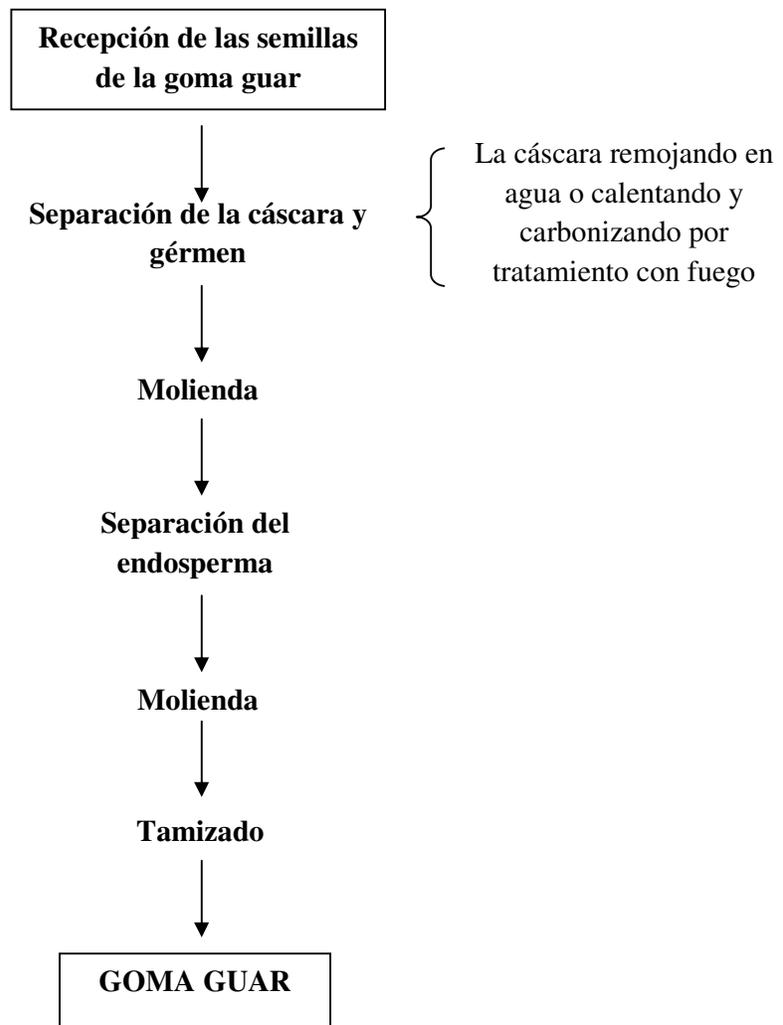
La goma xantana o xantano (E-415), es un polisacárido extracelular secretado por la bacteria gram negativa *Xanthomonas campestris* (Sutherland, 1993). Está estructurada por un esqueleto de unidades de D – glucosa unidas entre sí por enlaces β (1 – 4) pero cada segunda unidad de glucosa se encuentra unida por un enlace α (1 – 3) a una cadena lateral formada por dos manosas con un ácido glucurónico entre ellas.

El xantano es muy utilizado en diferentes sectores industriales, entre ellos, alimentos, fármacos, cosméticos, químico y petroquímico, lo que se debe principalmente a sus propiedades físico - químicas, que superan todas las de otros polisacáridos disponibles en el mercado. García – Ochoa et al., (2000a) mencionan que dentro de estas propiedades destacan su elevada viscosidad en bajas concentraciones (0.05 – 1.0 por ciento), así como también su estabilidad en un amplio rango de pH < 2.5 – 11 > y temperatura (10°C a 90°C).

Una importante propiedad de la goma xantana es la interacción con galactomanos como la goma guar o locusta. La adición de alguna de esas gomas galactomanas en una solución de goma xantana a temperatura ambiente causa sinergismo, aumentando la viscosidad (Casas y García – Ochoa, 1999).

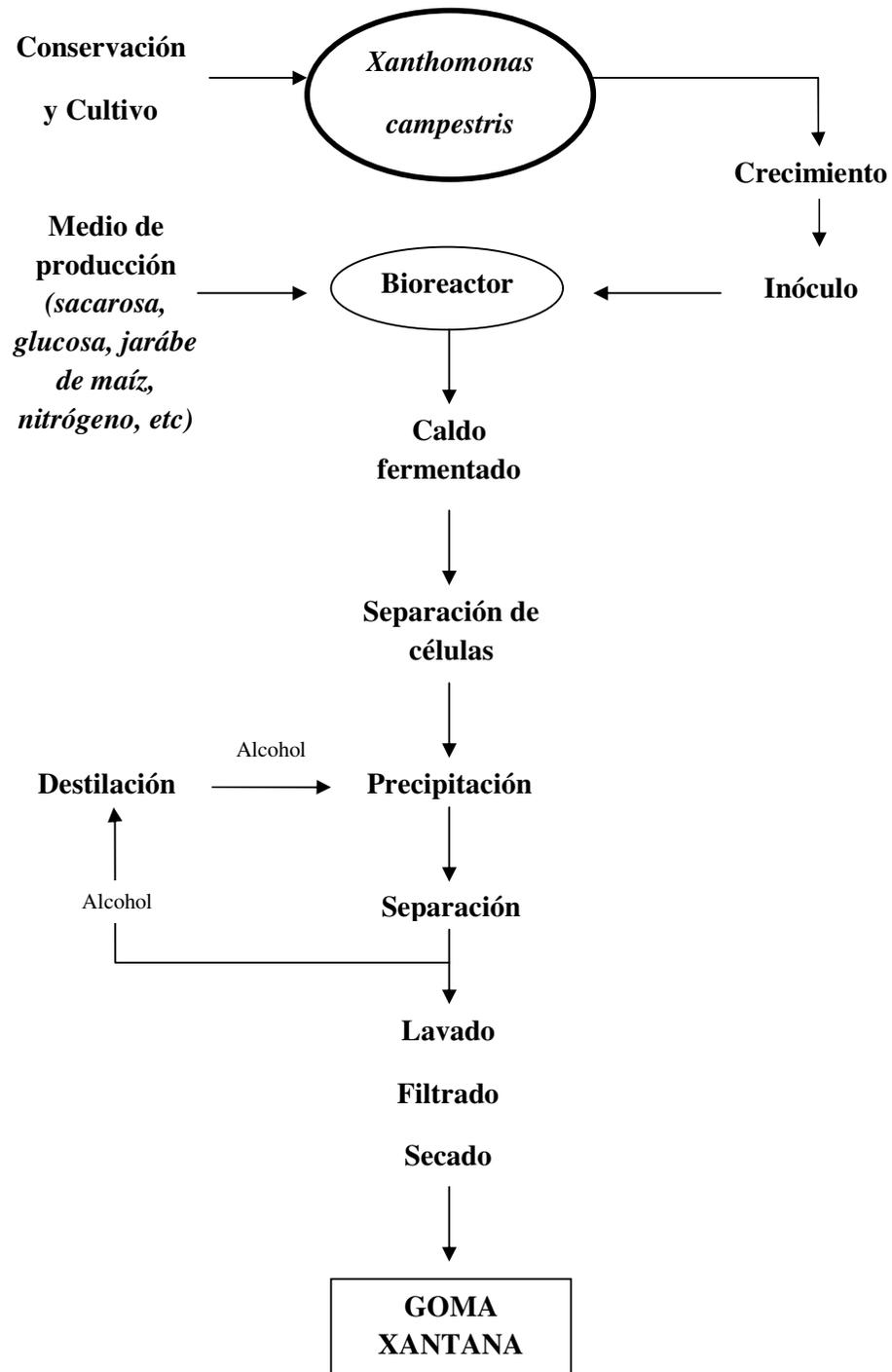
El proceso de producción del xantano (figura 3), comienza con la conservación y el cultivo de la cepa de *Xanthomonas campestris*, hasta obtener el inóculo (García – Ochoa et al., 2000b). La fermentación se realiza en condiciones aeróbicas, controlándose la temperatura, pH, oxígeno disuelto, formación de espuma y agitación. El xantano formado se separa por precipitación con agentes como el isopropanol. El producto precipitado se lava, filtra, seca, muele y envasa (Chi y Zhao, 2003).

Figura 2. Flujo del proceso para la obtención de la goma guar



Fuente: Adaptado de Rodríguez, (2003)

Figura 3. Flujo del proceso para la obtención de la goma xantana



Fuente: Adaptado de García – Ochoa et al., (2000); Chi y Zhao, (2003)

2.3.3 Niveles de uso y efecto sobre la calidad del pellet

Los niveles de uso de los aglutinantes utilizados en la industria avícola varían dentro de un amplio rango (ver Anexo 9) y siempre dependerán de la cantidad de grasa y tipo de alimento, ya que en formulaciones de difícil peletizado pueden ser necesarias dosificaciones más elevadas del producto. Los niveles de inclusión de las bentonitas y lignosulfonatos varían entre el 0.5 y 3 por ciento de la dieta seca (Reinitz, 2011). Las bentonitas, según los estudios realizados por Thomas *et al.*, (1998) actúan como sustancias que facilitan la peletización porque reducen las fuerzas de fricción de la mezcla a través de los dados, logrando un incremento en la producción de la peletizadora, lo cual a su vez aumenta la durabilidad del pellet especialmente cuando las dietas son altas en grasa (Angulo *et al.*, 1995). Los lignosulfonatos también incrementan la durabilidad del pellet y a su vez disminuyen el consumo de energía.

En pruebas realizadas por Winowski (2012) se observa que incorporando un aglutinante comercial compuesto de lignosulfonato, a un 0.5 – 1 por ciento en el alimento de pollos de carne, la durabilidad del pellet aumenta en un 21 por ciento en comparación con la dieta control sin aditivo y también es posible obtener una reducción significativa del 18 por ciento en la cantidad de energía consumida. Alternativamente, indican que incorporando lignina a un nivel de inclusión dentro del 0.25 – 1 por ciento, se extiende la vida del dado y los rodillos, sin realizar paradas en la peletizadora, incrementando así la productividad y manteniendo la calidad del pellet. Otros agentes aglutinantes tales como polimetilcarbamida, y mezclas de urea – formaldehído/sulfato de calcio con niveles de uso entre 0.1 – 0.2 por ciento, reducen el consumo eléctrico, aumentando el rendimiento del peletizado (JiangSu, 1993).

Las gomas, como la goma guar también pueden ser utilizadas para incrementar el IDP. Short (2011) encontró que adicionando un aditivo comercial a base de goma guar con vehículo, a un nivel de uso dentro del 0.1 – 0.3 por ciento, mejora la calidad del pellet ya que se logra una mayor inclusión de aceites/grasas y se reducen los niveles de partículas finas. Observó también que con un 0.15 por ciento, los finos se reducen hasta en un 10 por ciento, comparándolo con la inclusión de lignosulfato y otros aglutinantes

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La evaluación y elaboración del alimento balanceado se realizó en las instalaciones de la Planta de Alimentos Balanceados del Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos (PIPSA), pertenecientes a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina. La Fase experimental tuvo una duración de seis semanas comprendidas entre Febrero y Marzo del 2012.

3.2 Instalaciones y equipos

Para la prueba experimental se utilizó la caja Pfast (Anexo 8) ubicada en el Laboratorio de Control de Calidad de la Planta de Alimentos (LCCP). Este analizador de pellets presenta una estructura conformada por un recipiente cuadrangular con una tapa superior para el llenado y vaciado de las muestras a analizar, dispuesto al lado de un motor reductor. En la base se encuentran los controles para accionarlo, además de un pulsador manual que permite ubicar los recipientes en una posición cómoda para la carga y descarga de las muestras sobre las bandejas o recipientes de contención disponibles. El equipo cuenta con un dispositivo de protección térmica y eléctrica.

También se emplearon los siguientes materiales y equipo:

- Cernidor de malla de 4mm para tamizar las muestras antes y después de realizar la prueba de abrasión en la caja Pfast.
- Cronómetro para controlar el tiempo en cada ensayo.
- Bolsas transparentes de polipropileno.
- Tamizador malla de 1.18 mm, para determinar el porcentaje de finos.
- Balanza electrónica de precisión para la determinación del peso de las muestras de pellets y partículas finas tanto al inicio y final de cada prueba.

3.3 Productos a evaluar

Se emplearon dos aglutinantes (Cuadro 1)

- a. **Goma guar** .- Es un producto del endosperma molido de la planta de guar *Cyamopsis tetragonoloba*. Su presentación es en polvo fino, color blanco a crema con olor y sabor neutro, sin vehículo.
- b. **Goma xantana** .- Es un subproducto de la fermentación de bacterias *Xanthomonas campestris*. Su presentación es en polvo suelto de color blanco a ligeramente crema, apto para preparaciones alimentarias, sin vehículo.

CUADRO 1: Composición físico - química y nutricional de la goma guar y goma xantana

COMPONENTE	GOMA GUAR ¹	GOMA XANTANA ²
Humedad (%)	10.0 – 11.0	6.0 – 12.0
pH (solución 1%)	5.0 - 6.5	6.0 – 8.0
Viscosidad (cps)	4,500-6,000	1200 – 1600
Galactomano (%)	73.0 – 86.7	---
Proteína (%)	4.0 – 5.0	---
Fibra (%)	1.5 – 2.0	1.0 – 2.0
Grasa (%)	0.3 – 0.7	---
Cenizas (%)	1.1 – 1.2	13 máx.

¹ Ficha técnica de la empresa InnovaQuim (2014)

² Ficha técnica de la empresa Cimpa ® s.a.s (2014)

*Precio/kg: Goma guar : S/. 37.8
Goma xantana : S/. 16.8

3.4 Tratamientos

Para el presente trabajo de investigación se establecieron los factores tipos de goma (factor A), goma guar y goma xantana; niveles de uso (factor B), 0.025, 0.050 y 0.075 por ciento, dando origen a siete tratamientos, incluido el control:

Control	: Dieta peletizada al 0% (sin goma)
GG25	: Dieta peletizada con 0.025% de inclusión de goma guar
GG50	: Dieta peletizada con 0.050% de inclusión de goma guar
GG75	: Dieta peletizada con 0.075% de inclusión de goma guar
GX25	: Dieta peletizada con 0.025% de inclusión de goma xantana
GX50	: Dieta peletizada con 0.050% de inclusión de goma xantana
GX75	: Dieta peletizada con 0.075% de inclusión de goma xantana

3.5 Dietas experimentales

Las dietas experimentales para el presente trabajo fueron formuladas en base a los requerimientos nutricionales para pollos de carne establecidos por el NRC (1994), utilizando programación lineal al mínimo costo. Se prepararon siete dietas a base de maíz, torta de soya, aceite vegetal y una mezcla de vitaminas y minerales. Los ingredientes menores de la fórmula junto con los aglutinantes fueron premezclados utilizando 10kg de maíz de la misma fórmula, como vehículo. La primera dieta es el testigo o control, a la segunda, tercera y cuarta dieta se les adicionó 0.025, 0.050 y 0.075 por ciento de goma guar respectivamente. A la quinta, sexta y séptima dieta se les adicionó 0.025, 0.050 y 0.075 por ciento de goma xantana respectivamente. Las dietas fueron peletizadas en una peletizadora Buhler tipo DPDB, a una tasa de alimentación de 6, temperatura de 90°C, presión de vapor 50lb/pulg², humedad 16 por ciento, siguiendo los parámetros para dietas de pollos de carne de la planta de alimentos balanceados (Vergara, 2010); resultando pellets de diámetro 4.5 mm y longitud de 6 mm. Posteriormente se almacenaron en sacos para su posterior análisis. En el Cuadro 2 se muestra la composición porcentual de ingredientes y el valor nutritivo calculado de la dieta basal.

CUADRO 2 : Composición porcentual y valor nutritivo calculado de la dieta basal empleada para pollos de carne

INGREDIENTES (%)	TRATAMIENTOS						
	Control	GG25	GG50	GG75	GX25	GX50	GX75
Maíz	57.99	57.96	57.94	57.91	57.96	57.94	57.91
Torta de soya 47,	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Aceite vegetal,	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
Carbonato fino,	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Fosfato dicálcico,	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80
Sal común,	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44
DL - Metionina 99%,	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
L - Lisina HCL 99%,	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
L - Treonina 98.5%,	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Inhibidor de hongos,	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Premezcla de vitaminas y minerales,	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Goma guar,	0.00	0.025	0.050	0.075	0.00	0.00	0.00
Goma xantana,	0.00	0.00	0.00	0.00	0.025	0.050	0.075
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	VALOR NUTRICIONAL (%)						
Proteína Total,	21.38						
Fibra Cruda,	2.96						
Grasa Total,	4.90						
EM. Aves (Mcal/Kg)	2.98						
Lisina Digestible,	1.20						
Met-Cis Digestible,	0.89						
Treonina Digestible,	0.78						
Triptófano Digestible,	0.22						
Fósforo Disponible,	0.48						
Calcio,	0.97						
Sodio,	0.20						

3.6 Parámetros de evaluación

3.6.1 Índice de durabilidad del pellet (IDP)

Para la prueba de durabilidad se analizaron seis muestras por cada tratamiento, las cuales fueron tamizadas en un cernidor de malla 4 mm para remover los finos. Luego de ello, cada 500 gramos de muestra tamizada fue colocada en el medidor de durabilidad, la caja Pfast, donde se sometieron a 60 rpm durante 5 minutos. Después de realizado un análisis uniforme y sistemático de la resistencia o consistencia a la abrasión, las muestras fueron nuevamente tamizadas en malla 4mm para determinar la cantidad de pellets que no pasaron a través del tamiz.

El índice de durabilidad de pellet (IDP) se calcula como la proporción de pellets intactos luego de ser sometidos en la caja Pfast con referencia a la cantidad inicial de pellets (Pfast, 1963; Behnke y Beyer, 2002).

$$\text{Porcentaje de durabilidad} = \frac{\text{Peso de los pellets que resistieron la fuerza aplicada}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

3.6.2 Porcentaje de finos

Para el porcentaje de finos se analizaron seis muestras cada una de 500 gramos, las cuales fueron cernidas en un tamiz de malla 1.18 mm por un minuto. Al finalizar se colectaron y pesaron los finos que cayeron, para así posteriormente determinar el porcentaje de finos como se muestra a continuación:

$$\text{Porcentaje de finos} = \frac{\text{Peso de finos (gr.)}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

3.7 Diseño estadístico

El experimento fue conducido bajo el Diseño Completamente al Azar (D.C.A) con arreglo factorial (2x3) con seis repeticiones, siendo el primer factor el tipo de goma y el segundo factor los niveles de uso, más un control. Se utilizó el análisis de variancia para determinar la significancia de los factores de estudio y su interacción; la prueba de Duncan para comparar las medias del factorial; la prueba de contrastes para contrastar el control con los otros tratamientos; el diagrama de cajas de Tukey para observar la distribución de los datos, simetría, dispersión o variabilidad y también comparar a la vez varios grupos de datos; y el análisis de regresión lineal para identificar la relación entre las variables de estudio.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa R versión 3.1.1 (R Development Core Team, 2014).

El modelo aditivo lineal utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2$$

$$j = 1,2,3$$

$$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \text{ repeticiones}$$

Y_{ijk} = corresponde a la k - ésima repetición donde se aplicó el i-ésimo tipo de goma y el j-ésimo nivel de uso.

μ = media de la variable respuesta

α_i = efecto del i-ésimo tipo de goma, con i = goma guar, goma xantana

β_j = efecto del j-ésimo nivel de uso, con j = 0.025%, 0.050%, 0.075%

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre los factores tipos de goma y nivel de uso

ε_{ijk} = error experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Índice de durabilidad del pellet (IDP)

Los resultados obtenidos para el porcentaje de durabilidad o IDP se encuentran en el Anexo 6. Según el Análisis de Variancia del factorial presentado en el Anexo 1, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el factor tipo de goma, obteniendo la goma guar y goma xantana valores promedio de 95.21 y 94.96 por ciento respectivamente (Cuadro 3); la interacción entre los factores tampoco presentó diferencias significativas ($P > 0.05$), lo cual se observa gráficamente en el Anexo 2; sin embargo, sí se encontraron diferencias altamente significativas entre el factor nivel de uso ($P < 0.05$). En el Cuadro 3 se observa también que al comparar los promedios de los diferentes niveles de uso, los niveles de 0.050 y 0.075, con IDP de 95.26 y 95.57 por ciento respectivamente, fueron significativamente diferentes al nivel de 0.025 con un IDP de 94.43 por ciento.

Sometidos los promedios a la Prueba de Duncan (Cuadro 3) se pudo determinar que el tratamiento GG75 obtuvo el mayor promedio de IDP, 95.68 por ciento, siendo igual estadísticamente ($P > 0.05$) a GG50 y GX75, los cuales mostraron valores de 95.48 y 95.45 por ciento respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado con Vilariño (1996), donde indica que a mayor cantidad de aglutinante por tonelada de alimento, el pellet presenta mayor porcentaje de durabilidad.

Al realizar la prueba de contrastes para comparar el control con los diferentes niveles de uso (Anexo 3) se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$). En el Cuadro 3 se observa al tratamiento control con un promedio de IDP de 93.62 por ciento, resultando un valor menor al compararlo con los tratamientos con inclusión de gomas. Esto concuerda con Moreira y Cordoves (2003), quienes afirman que el uso de aglutinantes aumenta la capacidad de peletización de los ingredientes, mejorando la calidad física de los pellets.

Al efectuar el análisis de regresión lineal para el IDP en función del porcentaje de finos (figura 4) se obtuvo un valor de R^2 igual a 92.8, lo cual indica que el 92.8 por ciento de la variabilidad del IDP es explicada por su relación lineal con el porcentaje de finos, es decir se podría usar el porcentaje de finos para predecir su IDP. Los datos en la gráfica demuestran que existe una relación inversa altamente significativa entre las variables. A medida que la variable porcentaje de finos aumente, el IDP disminuirá en 23.23 por ciento. Estos resultados concuerdan con los trabajos de Kaliyan y Morey (2008) donde encontraron una relación inversa entre las variables, indicando que valores bajos de IDP se dan por la presencia alta de finos en el alimento peletizado.

Al observar el diagrama de cajas de Tukey para el porcentaje de durabilidad (Anexo 5), se halló que el tratamiento GG25 presenta un valor extremo a la derecha de la media de 95.4 por ciento al igual que el tratamiento GX75 con un 96.4 por ciento. Estos resultados indican que si se realizarán más repeticiones es posible encontrar datos de IDP muy por encima de 95 y 96 por ciento respectivamente. Con esto el tratamiento GX75 podría entrar a competir con los tratamientos GG50 y GG75 ya que estos muestran valores máximos de IDP por encima al 96 por ciento.

4.2 Porcentaje de finos

Los resultados obtenidos para el porcentaje de finos se encuentran en el Anexo 7. Según el Análisis de Variancia del factorial presentado en el Anexo 1, no se encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) en el factor goma, obteniendo la goma guar y goma xantana valores promedio de 0.185 y 0.191 por ciento respectivamente (Cuadro 3); la interacción entre los factores tampoco presentó diferencias significativas ($P > 0.05$), lo cual se observa gráficamente en el Anexo 2; sin embargo, sí se encontraron diferencias altamente significativas entre el factor nivel de uso ($P < 0.05$). En el Cuadro 3 también se observa que al comparar los promedios de los diferentes niveles de uso, los niveles de 0.050 y 0.075, con porcentaje de finos de 0.180 y 0.174 por ciento respectivamente, fueron significativamente diferentes al nivel de 0.025 con un porcentaje de finos de 0.211 por ciento.

A la prueba de Duncan (Cuadro 3) se pudo determinar que el tratamiento GG75 obtuvo el menor valor de porcentaje de finos (0.173), sin diferir estadísticamente ($P > 0.05$) de GG50, GX50 y GX75, los cuales dieron valores de 0.179, 0.180 y 0.175 por ciento respectivamente. Al realizar la prueba de contrastes para comparar el control con los diferentes niveles de uso (Anexo 4) se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$). En el Cuadro 3 se observa al tratamiento control con un promedio de porcentaje de finos de 0.257, resultando un valor mayor al compararlo con los tratamientos con inclusión de gomas.

Al efectuar el análisis de regresión lineal para el porcentaje de finos en función del IDP (figura 4) dió como resultado un valor de R^2 igual a 92.8, esto indica que un 92.8 por ciento de la variabilidad del porcentaje de finos es explicada por su relación lineal con el IDP, es decir la variable IDP se podría emplear para predecir su porcentaje de finos. En la gráfica se observa que por cada unidad que aumente el IDP, el porcentaje de finos disminuirá en 0.04 por ciento. Estos resultados concuerdan con trabajos realizados por Briggs *et al.*, (1999) y Gilpin *et al.*, (2002), los cuales observaron una correlación negativa entre las variables, donde una baja producción de finos en el alimento peletizado se da por presentar valores altos de IDP.

Analizando el diagrama de cajas de Tukey para el porcentaje de finos (Anexo 5), se observa un comportamiento bastante simétrico entre los tratamientos, siendo GG75 y GX75 los que presentan menor variabilidad en los datos, dando así más precisión en sus resultados.

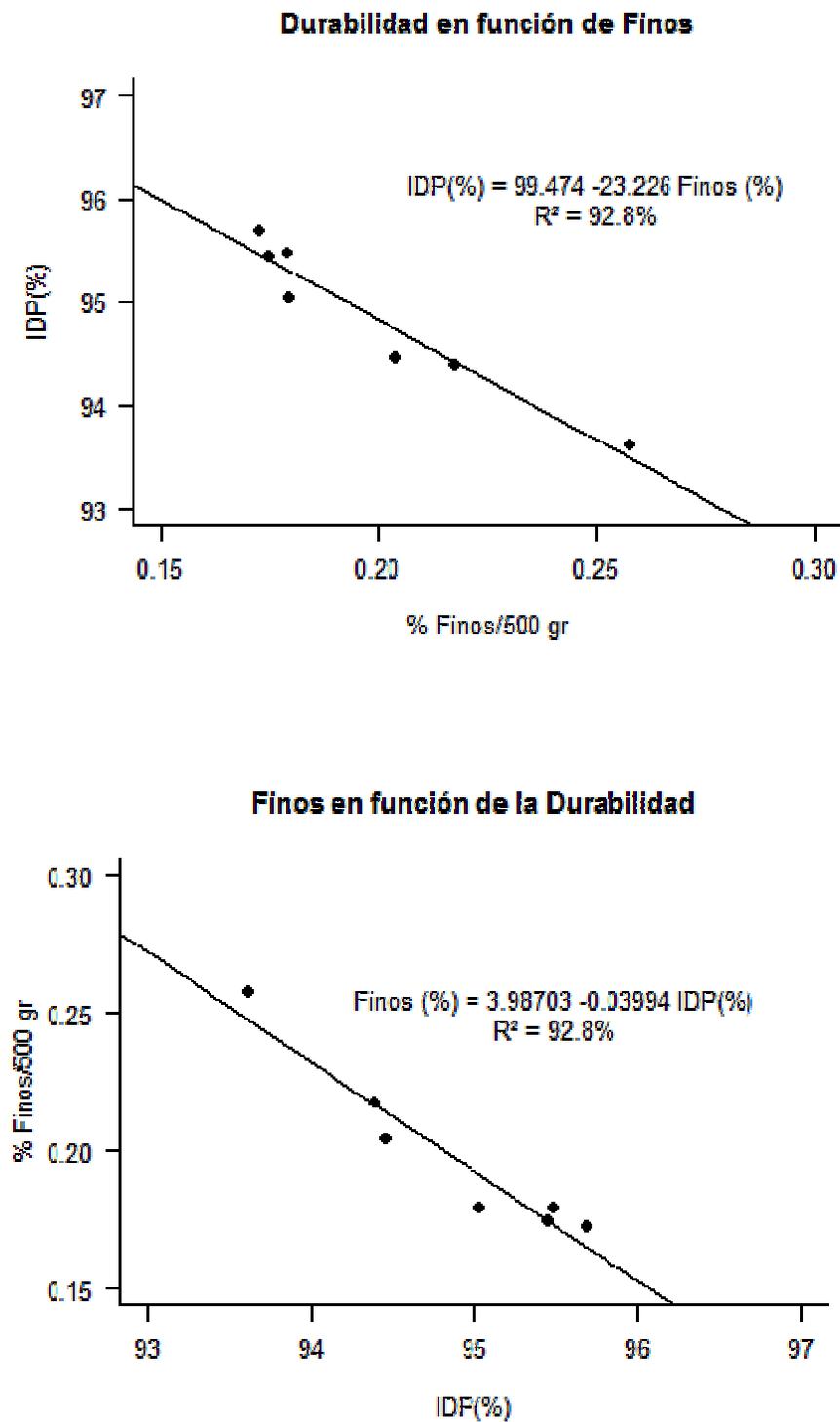
CUADRO 3 : Efecto de las gomas y sus niveles de uso en los parámetros de índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos en dietas peletizadas para pollos de carne

Factores	Nivel de uso (%)	IDP¹ (%)	Finos¹ (%)
Control	0	93.62 ^c	0.257 ^a
Goma guar	0.025	94.47 ^{cd}	0.204 ^b
	0.050	95.48 ^{ab}	0.179 ^c
	0.075	95.68 ^a	0.173 ^c
Goma xantana	0.025	94.40 ^d	0.217 ^b
	0.050	95.03 ^{bc}	0.180 ^c
	0.075	95.45 ^{ab}	0.175 ^c
	Error estándar de la media	0.20	0.007
Tipo de goma	Control	93.62 ^b	0.257 ^a
	Goma Guar	95.21 ^a	0.185 ^b
	Goma Xantana	94.96 ^a	0.191 ^b
	Error estándar de la media	0.12	0.004
Nivel de uso	0	93.62 ^c	0.257 ^a
	0.025	94.43 ^b	0.211 ^b
	0.050	95.26 ^a	0.180 ^c
	0.075	95.57 ^a	0.174 ^c
	Error estándar de la media	0.14	0.005
		Probabilidad	
Efecto tipo de goma		0.14	0.35
Efecto nivel de uso		<0.001	<0.001
Interacción entre los factores		0.64	0.58

^{a b c d e} Promedios con letras distintas (columnas) son estadísticamente diferentes (P <0.05).

¹ Cada valor representa el promedio de 6 repeticiones por cada tratamiento

Figura 4. Análisis de regresión lineal entre el índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos



V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y teniendo en cuenta las condiciones en que se desarrolló el presente estudio, pueden establecerse las siguientes conclusiones:

1. La inclusión de goma guar y goma xantana en el alimento para pollos de carne mejora el índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos.
2. La goma guar y goma xantana muestran similar efecto aglutinante ($P > 0.05$) sobre los parámetros de índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos.
3. Los niveles de uso 0.050 y 0.075 por ciento muestran similar efecto ($P > 0.05$) sobre los parámetros de índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos, sin embargo difieren significativamente ($P < 0.05$) con el nivel de uso 0.025 por ciento.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos y teniendo en cuenta las condiciones en que se desarrolló el presente estudio, se hacen las siguientes recomendaciones:

1. Utilizar la goma xantana a un nivel de 0.50 Kg/TM de alimento balanceado por generar un menor costo por dosis.
2. Evaluar los alimentos con los aglutinantes goma guar y goma xantana en animales en granja, para medir la producción de finos en los comederos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ABDOLLAHI, M.R., RAVINDRAN, V., WESTER, T.J., RAVINDRAN, G., THOMAS, D.V. 2010. Influence of conditioning temperature on performance, apparent metabolizable energy, ileal digestibility of starch and nitrogen and the quality of pellets, in broiler starters fed maize- and sorghum-based diets. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 162: 106–115.

ABDOLLAHI, M.R.; RAVINDRAN, V.; WESTER, T.J.; RAVINDRAN, G.; THOMAS, D.V. 2011. Influence of feed form and conditioning temperature on performance, apparent metabolisable energy and ileal digestibility of starch and nitrogen in broiler starters fed wheat-based diet. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 168: 88–99.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R.G. 2007a. Feed particle size: Implications on the digestion and performance in poultry. *Journal of World's Poultry Science*. 63: 439–451.

AMERAH, A.M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE R.G. 2007b. Influence of Feed Particle Size on the Performance, Energy Utilization, Digestive Tract Development, and Digesta Parameters of Broiler Starters Fed Wheat- and Corn-Based Diets. *Journal of World's Poultry Science*. 87 (11): 2320-2328.

ANGULO, E.; BRUFAU, J.; ESTEVE – GARCIA, E. 1995. Effect of sepiolite on pellet durability in feeds differing in fat and fibre content. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 53: 233-241.

ANGULO, E.; BRUFAU, J.; ESTEVE-GARCIA, E. 1996. Effect of a sepiolite product on pellet durability in pig diets differing in particle size and in broiler starter and finisher diets. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 63: 25–34.

ASAE. 2007. S269.4. Cubes, pellets, and crumbles – definitions and methods for determining density, durability and moisture content. ASAE Standard S269.3, Agricultural Engineers Yearbook of Standards p. 318.

BEHNKE, K.C. 1994. Factors affecting pellet quality/Feed manufacturing technology: current issues and challenges. Maryland Nutrition Conference. University of Maryland, College Park. Journal of Animal Feed Science and Technology. 62, 49 - 57.

BEHNKE, K.C; BEYER R.S. 2002. Effect of feed processing on broiler performance (en línea). Kansas State University. Manhattan, Kansas. p.21. Consultado el 15 mar. 2013. Disponible en: http://www.nmfeed.com/Files/Posts/Portal1/processing_1.pdf

BELLAVER C.; NONES, K. 2000. A importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. Palestra apresentada no IV Simpósio Goiano de Avicultura. Goiânia- GO. 18 p.

BORTONE, E. 2001. Diseño de plantas de alimentos balanceados especializadas para peces y crustáceos (en línea). Curso Lance en Acuicultura. Monterrey, México. p.52. Consultado el 13 abr. 2013. Disponible en: <http://www.los-seibos.com/teoria/peces.pdf>

BRIGGS, J.L.; MAIER, D.E.; WATKINS, B.A.; BEHNKE, K.C. 1999. Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality. Journal of Poultry Science 78, 1464–1471.

CABALLERO, D. 2010. Efecto del uso de alimento balanceado peletizado desde el inicio hasta el engorde en la granja porcina el Hobo, Santa Cruz de Yojoa, Honduras (en línea). Proyecto especial de graduación del programa de ingeniería en agroindustria alimentaria. Escuela agrícola panamericana. Zamorano, Honduras. p. 24. Consultado el 25 de mayo 2013. Disponible en: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/236/1/T2917.pdf>

CASAS, J.A.; GARCÍA-OCHOA, F. 1999. Viscosity of solutions of xanthan/locust bean gum mixture. Journal of the Science of Food and Agriculture.79:25-31.

CASTALDO, D.J., 2006. Feed pelleting section 1: Why pellet feed. In: Schofield, E.K. (Ed.), Feed manufacturing technology V. American Feed Industry Association, Arlington..pp. 13-17.

CASTILLO, F. 1999. Comportamiento productivo y económico de pollos de engorde con dos niveles de trigo en la dieta ofrecidos en dos diámetros de pellet (en línea). Proyecto especial del programa de ingeniero agrónomo. Escuela agrícola panamericana. Zamorano, Honduras. 21 p. Consultado el 20 de abr. 2013. Disponible en: http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/1999/T1009.pdf

CHI, Z.; ZHAO, S. 2003. Optimization of medium and cultivation conditions for pullulan production by a new pullulan-producing yeast strain. Journal of Enzyme and Microbial Technology 33:206-211

COVIELLO, T.; ALHAIQUE, F.; DORIGO, A.; MATRICARDI, P. & GRASSI, M. 2007. Two galactomannans and scleroglucan as matrices for drug delivery: preparation and release studies. Journal European of Biopharmaceutics. 66(2): 200-209.

CUTLIP, S.E; HOTT, J.M; BUCHANAN, N.P; RACK, A.L; LATSHAW, J.D AND MORITZ, J.J. 2008. Conditioning practices on pellet quality and growing broiler nutritional value. Journal of Applied Poultry Research 17:249-261

DEVRESSE, B. 1998. Production of water stable shrimp feeds. IV International Symposium on Aquatic Nutrition. México. p.11.

DROCHNER, H.; KERLER, A; ZAZHARIAS, B. 2004. Pectin in pig nutrition, a comparative review. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 88 (11,12): 367-380

DUNCAN, D.B. 1955. Multiple Range and Multiple F-Tests. Biometrics, 11: 1-42.

ESCOBAR, J.D., CORREA C., DAZA G.H. 2010. Diseño conceptual de una máquina pelletizadora de alimento para aves de corral para una producción de una tonelada diaria (en

línea).Colombia. Consultado 13 mar. 2014. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/manejo/articulos/disenio-conceptual-maquina-peletizadora-t3077/124-p0.htm>

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V.E.; CASAS, J.A.; GÓMEZ, E. 2000a. Xanthan gum: Production, Recovery, and Properties. *Journal of Biotechnology Advances*. 18:549-579.

GARCÍA OCHOA F., SANTOS V., CASAS J. 2000b. Production and Isolation of Xanthan Gum, *Methods in Biotechnology. Carbohydrate Biotechnology Protocols*, Humana Press, Totowa 10: NJ, S/D.

GILPIN, A.S., T.J. HERRMAN, K.C. BEHNKE, AND F.J. FAIRCHILD. 2002. Feed Moisture, Retention Time, and Steam as Quality and Energy Utilization Determinants in the Pelleting Process. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 18(3): 331-338.

GUILLAUME,J. 2004. *Nutrición y Alimentación de Peces y Crustáceos*. 1ed. Editorial Mundi– Prensa Libros, S.A. p. 349.

GUY, R. 2001. *Extrusión de los Alimentos, Tecnología y Aplicaciones Trad.* AI Ribas Acibia. Manhattan, Kansas. 13 p.

IZYDORCZYK, M.; CUI, S.W; WANG, Q. 2005. Polysaccharide gums: structures, functional properties, and applications. En: Cui, S. (Ed.), *Food Carbohydrates, Chemistry, Physical Properties and Applications*, CRC Press, Boca Raton, New York.

JENSEN, L.S. 2000. Influence of pelleting on the nutritional needs of poultry. *Asian-Aust. Journal of Animal Science*. 13: 35–46.

JIANGSU, X. 1993. Sunny binder for pellet feed data sheet Zhejiang University Sunny Nutrition Technology co.,ltd. (en línea). Consultado 6 abr. 2014. Disponible en: <http://www.chinachemnet.com/38197/Sunny-Binder-1641869.html>

KALIYAN, N; MOREY V. R. 2008. Factors affecting strength and durability of densified biomass products (en línea). Department of bioproducts and biosystems engineering.

University of Minnesota. Consultado el 20 mar. 2014. Disponible en:
<http://www.biomasschpethanol.umn.edu/>

LEWIS, L. 2010. Effects of Time Interval on Pellet Quality. Unpublished research completed for undergraduate research project. Kansas State University. Manhattan, Kansas.

LILY, K.G.S.; GEHRING, C.K.; BEAMAN, K.R.; TURK, P.J.; SPEROW, M.; MORITZ, J.S. 2011. Examining the relationships between pellet quality, broiler performance, and bird sex. *Journal of Applications in Poultry Research*. 20: 231–239.

LOCK, M. 1997. Evaluación comparativa de dos dietas balanceadas elaboradas mediante los procesos extruido – peletizado en el crecimiento de juveniles de trucha arcoiris. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Lima-Perú, UNALM.

LÓPEZ, C. 1999. Efectos de la molienda conjunta y textura de la ración sobre la digestibilidad de nutrientes. En: Congreso latinoamericano de avicultura, por la alimentación del futuro. Lima, Perú). p. 473.

LÖWE, R. 2005. Judging pellet stability as part of pellet quality. *Journal of Feed Technology*. 9:15-19.

MAIER, D.E.; BRIGGS, J. 2000. Making better pellet. *Journal Feed and Grain*. 1:12–15.

MAIORKA, A; PENZ A.M.Jr. 1997. Efeito do nível energético da ração sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. *Anais da Conferência Apinco 1997 de Ciência e Tecnologia Avícolas*. p.18.

MAIORKA, A; DAHLKE, F; PENZ A.M.Jr; KESSLER, A. M. 2005. Diets formulated on total or digestible amino acid basis with different energy levels and physical form on broiler performance. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 7(1): 47-50.

McKINNEY, L.; TEETER, R. 2002. Caloric value of pelleting. Publication of Cobb-Vantress, Inc. p. 1-5.

MOREIRA, R.M; CORDOVES, C. 2003. Actualidades para el manejo correcto en la peletización y optimización de inclusión de aglutinantes en dietas de camarones. Revista Panorama Acuícola. p.4

MORITZ, J.S; LILLY, K. 2010. Production strategies and feeding opportunities for pellets of high quality. En: Proceedings of the 8th Annual Mid-Atlantic Nutrition Conference, University of Maryland, College Park, MD, p. 85–90.

MUÑOZ, L. 2004. Comparación entre Extruído y Peletizado en Alimentos de Camarones. En: Avances en Nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Hermosillo, Sonora, México. pp. 397-417.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1994. Nutrient Requirements of Poultry (en línea). Washington, D.C: National Academy Press. Consultado el 23 de mar. 2014. Disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/2114.html>

NILIPOUR, A, H. 2011. Los 10 factores importantes de cómo producir alimento de calidad. (en línea) Consultado el 25 de feb. 2014. Disponible en: <http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/los-factores-importantescomo-t3324/141-p0.htm>

PARK, S.K; CHO, J.M; RHEE, C. 2001. Effect of guar gum, carrageenan and calcium chloride on foaming properties of soy protein isolate. En: Journal of Food Science and Biotechnology. 10(3): 257-260

PASQUEL, A. 2001. Gomas: una aproximación a la industria de alimentos. Revista Amazónica de Investigación Alimentaria. UNAP, Iquitos-Perú. 1(1): 1 – 8.

PENNA, A. L. B. 2002. Hidrocolóides. Usos em Alimentos. En: Revista Food Ingredients: Cuaderno de Tecnología de Alimentos y Bebidas. 17: 58-61.

PENZ, Jr. 1998. Avances en la Alimentación de Monogástricos: Aves (en línea). XIV Curso de Especialización. Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Universidad

Federal do Rio Grande do Sul Brasil – Porto Alegre. Consultado 18 abr. 2014. Disponible en: <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/98CAPXV.pdf>

PENZ, Jr. 2002, Raciones Peletizadas para pollos de carne. In: Anales del V Simposio goiano de Avicultura. Universidad Federal de Rio Grande Del Sur. Goiânia - Brasil: UFG. p.145-164.

PESTI G. M.; BAKALLI R. I.; PRIVER J. P; ATENCIO A. 2005. Poultry Nutrition and Feeding. Trafford publishing. USA. p. 452.

PFOST, H. 1963. Testing the durability of pelleted feed. Feedstuffs. p. 66-68.

R CORE TEAM. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

REINITZ, G. 2011. Evaluation of sodium bentonite in practical diets for rainbow trout. Journal of The Progressive Fish-Culturist. 45:100–102

RODRÍGUEZ, E. 2003. Hidrocoloides naturales de origen vegetal. Investigaciones recientes y aplicaciones en la industria de alimentos (en línea). Universidad del Valle – Colombia. Consultado 24 abr. 2014. Disponible en: tecnura.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/36

SHORT, F. 2011. Kiotechagil Company. Product data sheet Mastercube. Consultado 19 abr. 2014. Disponible en: <http://www.kiotechagil.com/assets/Uploads/Product/Mastercube.tds.pdf>

STEVENS, C.A. 1987. Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process. Kansas State University, USA. p.172.

SUTHERLAND, I.W. 1993. Xanthan. In: J.G. Swings; E.L. Civerolo (eds.), Xanthomonas. Londres, Chapman and Hall. p. 363-388.

SVIHUS, B; KLØVSTAD, K.H; PEREZ, V. 2004. Physical and nutritional effects of pelleting of broiler chicken diets made from wheat ground to different coarsenesses by the use of roller mill and hammer mill. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 117:281–293.

THOMAS, M; VAN DER POEL, A.F.B. 1996. Physical quality of pelleted animal feed. 1. Criteria for pellet quality. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 61: 89-1 12.

THOMAS, M., VAN VLIET, T., VAN DER POEL, A.F.B. 1998. Physical quality of pelleted animal feed: 3 Contribution of feedstuff components. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 70: 59–78.

VALLS, P. A. 1993. El proceso de extrusión en cereales y habas de soya. Cáp. VI. Efecto de la extrusión sobre la utilización de nutrientes. IX. Curso de especialización Tecnológica y Nutrición. Expoaviga. 109 – 116 pp.

VERGARA, V.R. 2010. Manual Productivo – Operativo (MAPRO) de actividades que se realizan en la planta de alimentos balanceados La Molina. UNALM. Lima – Perú.

VILARIÑO L. 1996. Efecto de la composición y presentación del alimento (en línea). Instituto de investigaciones zootécnicas. Venezuela. Consultado el 15 feb. 2014. Disponible en:

http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt1402/texto/composicion.htm

VOLPE, M.G.; MALINCONICO, M.; VARRICCHIO, E; PAOLUCCI, M. 2010. Polysaccharides as biopolymers for food shelf-life extension: Recent Patents on Food, Nutrition and Agriculture. *Journal of Animal Science*. 2(2). p 129-139.

WINOWISKI, T. 1998. Turkey rations: Wheat and pellet quality. *Journal of Feed Management* .39:58–64.

WINOWISKI, T. 2012. PellTech reduces die chokes in broiler rations (en línea). Consultado el 13 mayo 2014. Disponible en: <http://www.lignotechfeed.com/PelletingAids/PellTech/Field-Trials/PellTech-reduces-die-chokes-in-broiler-rations>

WINOWISKI, T. 2012. Improved pellet quality and energy savings with LignoBond DD in poultry feed (en línea). Consultado el 13 mayo 2014. Disponible en: <http://www.lignotechfeed.com/PelletingAids/LignoBond-DD>

WONDRA, K. J., HANCOCK, J. D., BEHNKE, K. C., HINES, R. H. AND C. R. STARK, 1995. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. *Journal Animal Science*. 73: 757-763.

WOODROOFE, J. 1995. Dry extrusion application in feed industry (en línea). Curso seminario, Taller. Cultivo de la tilapia roja. Marzo. Cali – Colombia. Consultado el 18 abr. 2014. Disponible en http://www.asaimsea.com/download_docphp?file=FT33-95.pdf

ZIMONJA, O.; HETLAND, H.; LAZAREVIC, N. 2008. Effects of fibre content in pelleted wheat and oat diets on technical pellet quality and nutritional value for broiler chickens. *Journal of Animal Science*. 88: 613–622.

ZIMONJA, O.; SVIHUS, B. 2009. Effects of processing of wheat or oats starch on physical pellet quality and nutritional value for broilers. *Journal of Animal Feed Science and Technology*. 149: 287–297.

ZUMBADO, M. 1999. Consideraciones de Importancia al Utilizar Alimentos en Harina o Peletizadas en Aves. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Universidad de Costa Rica. En: Congreso latinoamericano de avicultura, por la alimentación del futuro (16, 1999, Lima, Perú). Informe. Lima, Perú. 473 p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 Análisis de variancia de los parámetros en evaluación

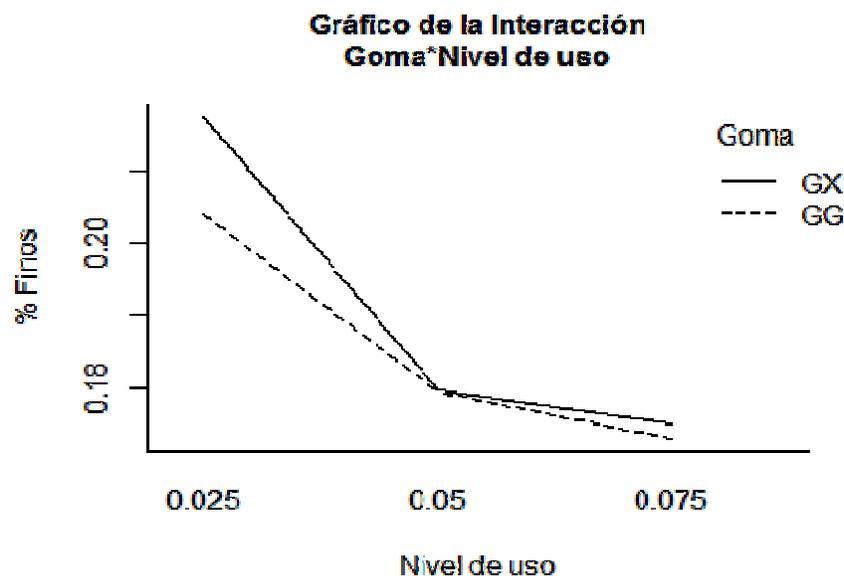
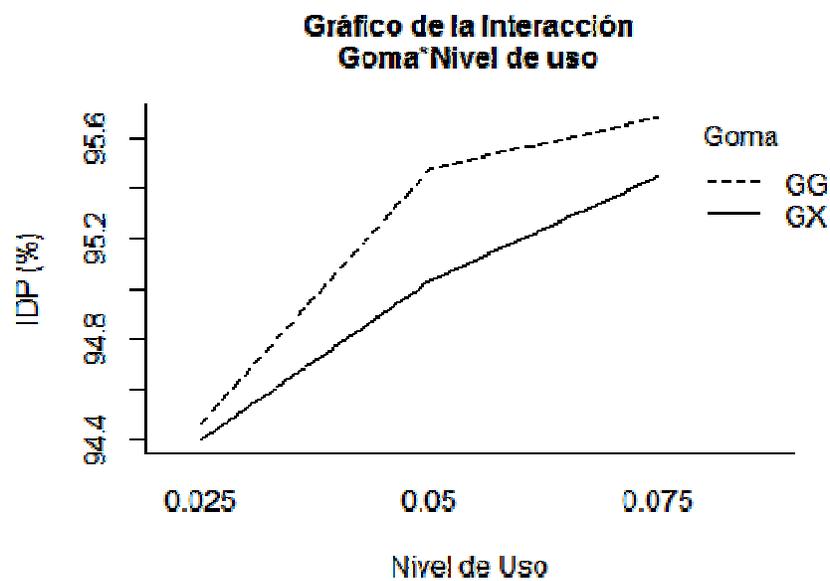
Response:	Durabilidad					
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr(>F)	Sign
Goma	1	0.56	0.56	2.30	0.14	n.s
Nivel de Uso	2	8.24	4.12	16.83	<0.001	***
Goma:Nivel de Uso	2	0.22	0.11	0.45	0.64	n.s
Control vs Factorial	1	11.10	11.10	45.37	<0.001	***
Error	35	8.57	0.24			
Total	41	28.69				

Signif.codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Response:	Finos					
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr(>F)	Sign
Goma	1	0.0002	0.0002	0.89	0.35	n.s
Nivel de Uso	2	0.0094	0.0047	17.09	<0.001	***
Goma:Nivel de Uso	2	0.0003	0.0002	0.55	0.58	n.s
Control vs Factorial	1	0.0247	0.0247	89.92	<0.001	***
Error	35	0.0096	0.0003			
Total	41	0.0442				

Signif.codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

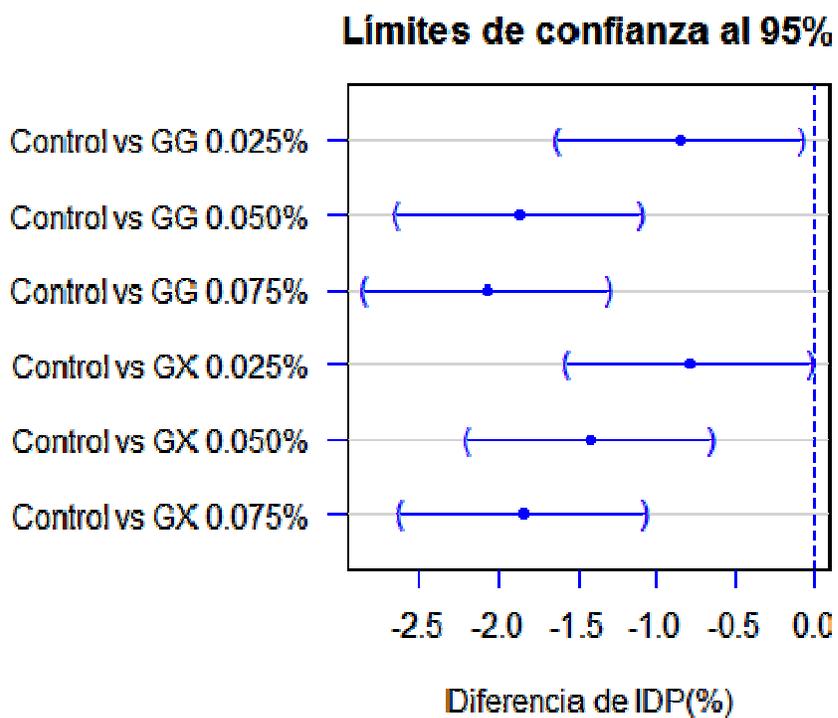
ANEXO 2 Gráfico de interacción entre los factores de goma y niveles de uso en los parámetros evaluados



ANEXO 3 Análisis de contraste entre el control vs los niveles de aglutinante para el índice de durabilidad del pellet (IDP)

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Sign.
Control vs GG 0.025%	-0.850	0.286	-2.98	0.026	*
Control vs GG 0.050%	-1.867	0.286	-6.54	<0.001	***
Control vs GG 0.075%	-2.067	0.286	-7.24	<0.001	***
Control vs GX 0.025%	-0.783	0.286	-2.74	0.045	*
Control vs GX 0.050%	-1.417	0.286	-4.96	<0.001	***
Control vs GX 0.075%	-1.833	0.286	-6.42	<0.001	***

Signif.codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

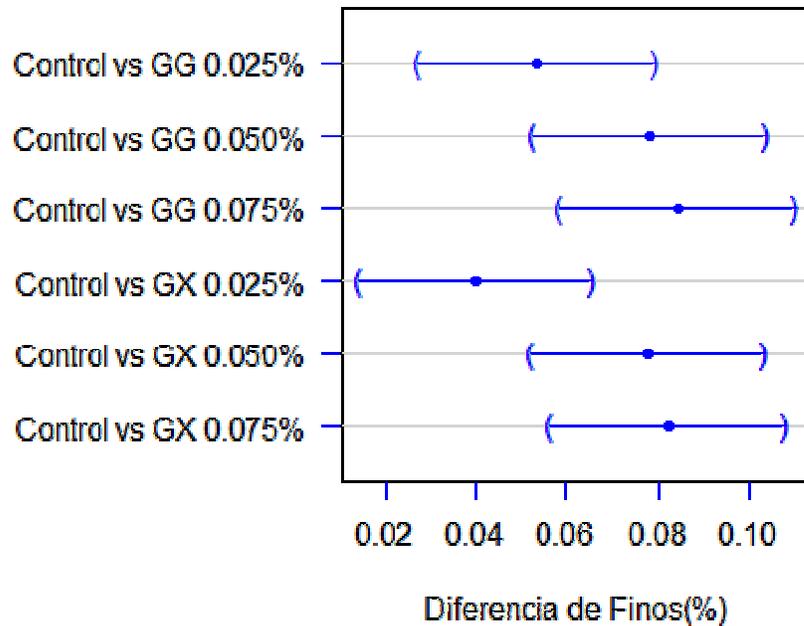


ANEXO 4 Análisis de contraste entre el control vs los niveles de aglutinante para el porcentaje de finos

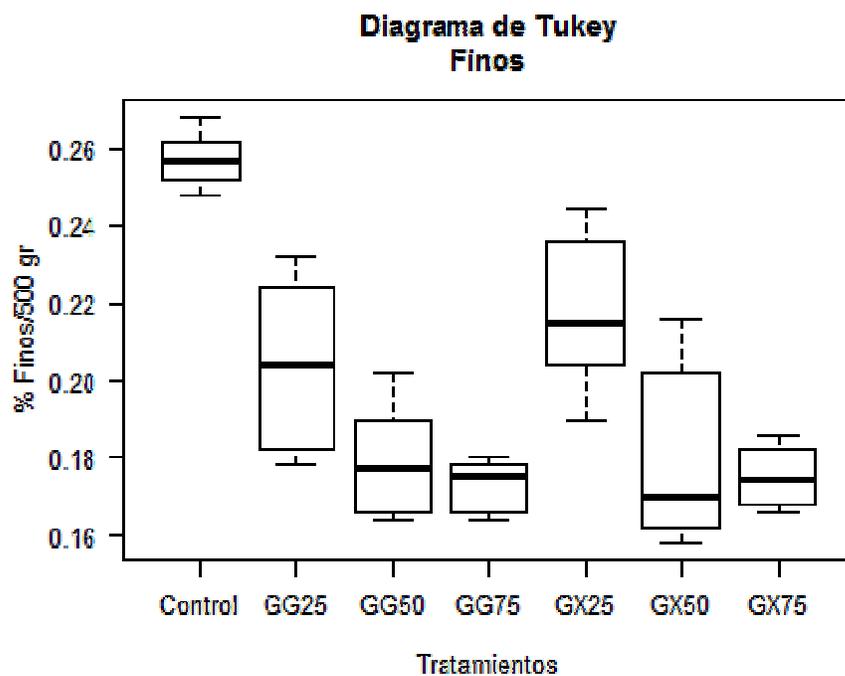
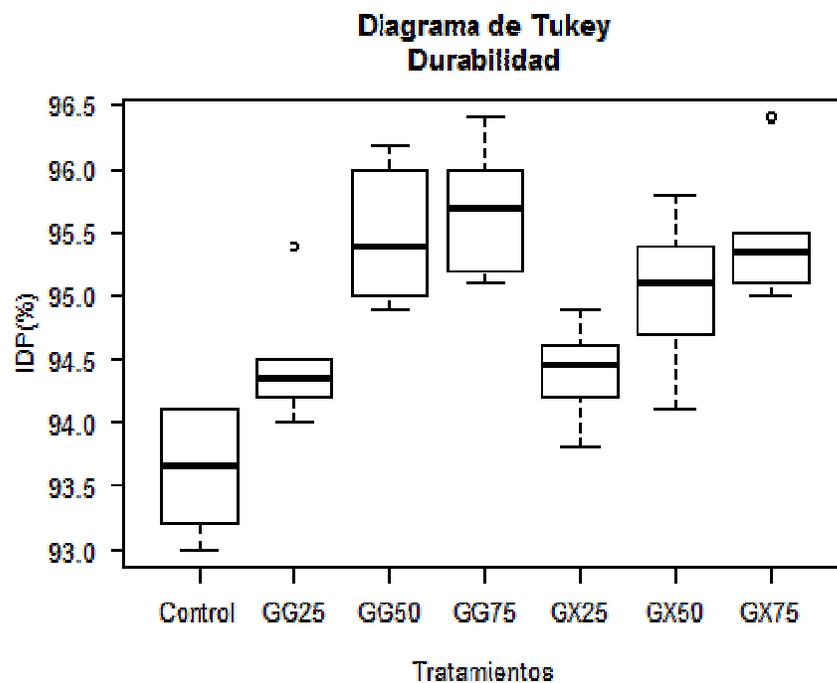
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	Sign.
Control vs GG 0.025%	0.05333	0.00957	5.58	< 0.001	***
Control vs GG 0.050%	0.07800	0.00957	8.15	< 0.001	***
Control vs GG 0.075%	0.08433	0.00957	8.82	< 0.001	***
Control vs GX 0.025%	0.04000	0.00957	4.18	0.00095	***
Control vs GX 0.050%	0.07767	0.00957	8.12	< 0.001	***
Control vs GX 0.075%	0.08233	0.00957	8.61	< 0.001	***

Signif.codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Límites de confianza al 95%



ANEXO 5 Diagrama de cajas de tukey para el índice de durabilidad del pellet (IDP) y porcentaje de finos



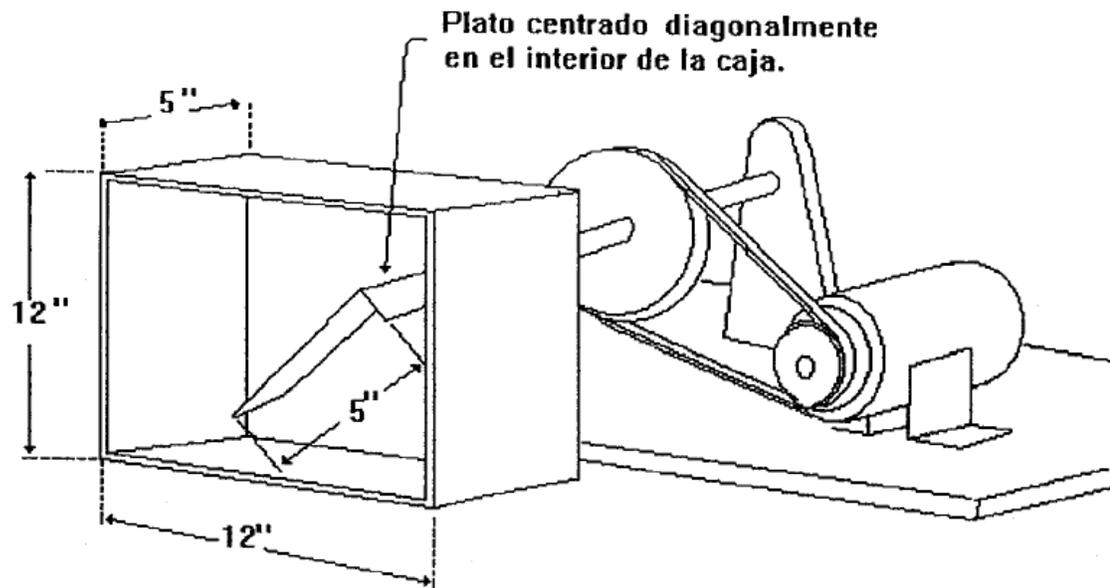
ANEXO 6 Resultados obtenidos para el índice de durabilidad del pellet (IDP) en la evaluación de la inclusión de la goma guar y xantana en dieta para pollos de carne

TRATAMIENTO	MUESTRA	IDP (%)	PROMEDIO TOTAL
Control	M1	94.10	93.62
	M2	93.20	
	M3	93.70	
	M4	93.60	
	M5	94.10	
	M6	93.00	
GG25	M1	94.40	94.47
	M2	94.90	
	M3	94.20	
	M4	94.50	
	M5	93.80	
	M6	94.60	
GG50	M1	96.20	95.48
	M2	96.00	
	M3	94.90	
	M4	95.20	
	M5	95.60	
	M6	95.00	
GG75	M1	95.20	95.68
	M2	96.40	
	M3	95.80	
	M4	95.60	
	M5	95.10	
	M6	96.00	
GX25	M1	94.40	94.40
	M2	94.90	
	M3	94.20	
	M4	94.50	
	M5	93.80	
	M6	94.60	
GX50	M1	95.80	95.03
	M2	95.00	
	M3	95.20	
	M4	94.10	
	M5	95.40	
	M6	94.70	
GX75	M1	95.40	95.45
	M2	96.40	
	M3	95.30	
	M4	95.50	
	M5	95.00	
	M6	95.10	

ANEXO 7 Resultados obtenidos para el porcentaje de finos en la evaluación de la inclusión de la goma guar y xantana en dieta para pollos de carne

TRATAMIENTOS	MUESTRA	% DE FINOS	PROMEDIO TOTAL
Control	M1	0.262	0.257
	M2	0.252	
	M3	0.254	
	M4	0.248	
	M5	0.260	
	M6	0.268	
GG25	M1	0.182	0.204
	M2	0.218	
	M3	0.190	
	M4	0.178	
	M5	0.224	
	M6	0.232	
GG50	M1	0.170	0.179
	M2	0.184	
	M3	0.190	
	M4	0.202	
	M5	0.166	
	M6	0.164	
GG75	M1	0.178	0.173
	M2	0.176	
	M3	0.164	
	M4	0.174	
	M5	0.166	
	M6	0.180	
GX25	M1	0.190	0.217
	M2	0.204	
	M3	0.210	
	M4	0.220	
	M5	0.236	
	M6	0.244	
GX50	M1	0.216	0.180
	M2	0.202	
	M3	0.176	
	M4	0.164	
	M5	0.158	
	M6	0.162	
GX75	M1	0.166	0.175
	M2	0.182	
	M3	0.168	
	M4	0.178	
	M5	0.170	
	M6	0.186	

ANEXO 8 Esquema de la caja pfost o tambor giratorio



ANEXO 9 Niveles de uso de aglutinantes comerciales utilizados en alimentos para aves de corral

Nombre Comercial	Composición	Nivel de Uso (%)
LignoBond DD	Lignosulfato de calcio	0.5 – 1.0
NutriBond	Lignosulfato de calcio	0.1
	Bentonita de sodio	1 – 2.0
	Carboximetilcelulosa (CMC)	0.5 – 2.0
PellTech	Lignina	0.25 – 1
Sunny Binder	Polimetilcarbamida	0.1 – 0.2
Ameri - Bond 2X	Lignosulfato	0.5 – 1.0
Pelex® Dry	Resina de urea - formaldehído	0.1– 0.3
PegaBind®	Resina de urea - formaldehído	0.025 – 0.5
DresBond AC®	Polimetilcarbamida	0.1
MasterCube	Goma guar/sulfato de calcio	0.1– 0.3
NeubaBond 100	Goma guar/goma garrofín sulfato de calcio mono y diglicéridos de ácidos grasos	0.1– 0.3

ANEXO 10 Costo por dosis de aglutinante

COSTO POR DOSIS DE AGLUTINANTE (S/.)		
DOSIS DE AGLUTINANTE (gr/TM)	GOMA GUAR	GOMA XANTANA
250	9.45	4.20
500	18.90	8.40
750	28.35	12.60