



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PARAMETROS PRODUCTIVOS DE CONEJOS NUEVA
ZELANDA BLANCO EN LA ETAPA DE ENGORDA
CON LA INCLUSION EN LA DIETA DE DIFERENTES
NIVELES DE *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
ANA LILIA CORTEZ ZAMORA

ASESORES:

MVZ MC BENJAMIN FUENTE MARTINEZ
MVZ GUADALUPE HILDA JANDETTE DIAZ



MEXICO, D. F.

2005

0350522



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres: Gracias por darme el mayor regalo: la oportunidad de disfrutar esta vida y ser mis primeros maestros.

A mi madre: Por su cariño, sus cuidados, sus sabios consejos y por su apoyo en todos mis éxitos y fracasos.

A mis hermanas (Susana, Miriam y Vanesa) : Por apoyarme a lo largo de la carrera y ser modelos a seguir de fortaleza, cariño, alegría, honradez y sinceridad.

A mi hermano (Fernando): Por apoyarme a lo largo de mis estudios y por ser mi asesor en computación.

A mis pequeños niños: Que son mi esperanza de un futuro mejor y por brindarme una gran alegría en mis días oscuros y fuente de fortaleza para seguir luchando por ellos.

A quienes se han marchado antes que yo ... y con quien espero reencontrarme algún día; especialmente a Samuel y a mi abuelito Ángel (†) gracias por acompañarme en esta vida.

A Nayeli y Diana: Por ser sabias consejeras, confidentes, compañeras y amigas y por embarcarnos en el mismo barco.

A Joel: Por cuidarme y estar siempre a mi lado a lo largo no solo de este proyecto, sino de toda mi vida y ser una fuente de apoyo y cariño.

A todo aquel que por un olvido indeseado no se incluyo pero que ha vivido junto conmigo esta aventura dándome las mas valiosas lecciones compartiendo no solo los buenos ratos sino también los malos.

A quienes sin ser mis enemigos no son mis amigos y a mis enemigos también.

A todo aquel que consulte este trabajo esperando que lo disfrute tanto al leerlo como yo al realizarlo.

“Cuando estés en una posición incomodo y todo este en tu contra, cuando parezca que no puedes resistir un segundo mas, jamás te rindas, pues es justo el punto y el momento cuando la marea cambiara”

Harriet Beecher Stowe

AGRADECIMIENTOS

Al área de Cunicultura del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM por las facilidades para la realización de este estudio.

A mis asesores: Por su confianza al brindarme la oportunidad de realizar este trabajo y por poner a mi disposición más de un recurso indispensable para el desarrollo de este trabajo y otros.

A la empresa maltaCleyton por el patrocinio para la realización de la presente investigación.

A todos los académicos y a los centros de producción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por fomentar día con día esta profesión y sobretodo por la oportunidad que me brindo para realizar mi formación profesional.

A toda aquella persona que ama y cuida a los animales y que día con día lucha por un futuro mejor para ellos.

A los principales actores de esta trama; que sin su apoyo no se podría haber realizado esta investigación: los conejos que dieron todo hasta su vida.

A ti querido estudiante, productor, investigador o simple lector que te tomaste la molestia de leer estas líneas, esperando que sean de utilidad.

Actos probablemente útiles a la sociedad son los que ella retribuye, y probablemente inútiles los que ella no recompensa en forma alguna. Millones de años de experiencia lo decretaron así y contradicen a muchos que se lamentan de la incomprensión o la ingratitud.

Johan Wolfgang Goethe

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo responsable.

NOMBRE: Cortez Zamora
Ana Lilia
FECHA: 18-11-05
FIRMA: Cortez Zamora Ana L.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN	31
HIPÓTESIS.....	32
OBJETIVOS.....	33
MATERIAL Y MÉTODOS.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIONES.....	42
LITERATURA CITADA.....	43
CUADROS	50
FIGURAS.....	57

RESUMEN

CORTEZ ZAMORA, ANA LILIA. Parámetros productivos de conejos Nueva Zelanda blanco en la etapa de engorda con la inclusión en la dieta de diferentes niveles de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* (bajo la dirección de MVZ MC Benjamín Fuente Martínez y MVZ Guadalupe Hilda Jandette Díaz).

Se realizó un experimento con el objeto de evaluar las inclusiones de algas como *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* como aditivos promotores del crecimiento en dietas prácticas para conejos en la etapa de engorda mediante la evaluación de sus efectos sobre el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal. Se utilizaron 126 conejos de la raza Nueva Zelanda Blanco de 35 días de edad con un peso promedio de 789 ± 60 g, distribuidos al azar en 6 tratamientos con 7 repeticiones de 3 conejos cada uno. La variación entre tratamientos fue el porcentaje de inclusión y la especie del alga a utilizar; siendo la inclusión de *Spirulina maxima* 0.25%, 0.5% y 1.0 % y *Ascophyllum nodosum* 2.0% y 4.0% respectivamente sustituyendo parcialmente al salvado de trigo en la dieta. Los resultados obtenidos al final del experimento para los parámetros productivos, no presentaron diferencia estadísticamente significativamente entre tratamientos ($P > 0.05$), lo que indicó que no existe un efecto promotor del crecimiento con la inclusión de algas en dietas para conejos en engorda.

INTRODUCCIÓN

La cunicultura es una actividad que ha logrado un gran desarrollo en numerosos países del mundo ejemplo de estos son Italia, Rusia, Ucrania, China, Francia y España que aportan alrededor del 75% de la producción mundial de carne de conejo.⁽³⁹⁾

En México el conejo ha sido un recurso ampliamente explotado desde la época prehispánica donde aparecía relacionado a actividades rituales y alimenticias,^(44,67) sin embargo, es a finales de los años 60's cuando se le da un gran impulso a la cunicultura por medio de los paquetes familiares. De acuerdo a el censo de la SARH en 1972 se reportaba la existencia de 113,452 conejos en todo el territorio mexicano siendo los principales productores los estados de México, Chiapas y Durango con aproximadamente el 69% de la población cunícola, para el año de 1981 esta misma secretaria reportó que existían alrededor de 1,378,210 conejos, es decir que en un periodo de 9 años la población cunícola se incrementó en un 1215 %.^(17,40,57) A pesar de los múltiples apoyos que se le proporcionaron a la producción cunícola su crecimiento se ve estancado, aunado a esto en 1988 se presenta la enfermedad Hemorrágica Viral en México, la cual para ser controlada y erradicada del país se sacrificaron a más de 120,000 conejos ocasionando una abrupta caída en la producción y consumo de la carne de conejo.^(17,40)

En la actualidad, se requiere producir proteína de origen animal a bajo costo y en el menor tiempo posible, por lo que se han retomado producciones de ganadería menor tales como el conejo debido a que es un animal eficiente para la producción de carne.⁽⁴⁴⁾ La carne de conejo es nutritiva pues contiene una baja cantidad de grasa, ácidos grasos saturados, colesterol y sodio además de ser una buena fuente de proteína, vitaminas del grupo B y vitamina E.⁽³³⁾ Al ser herbívoro, en su alimentación se pueden utilizar materias primas que

no compitan directamente con la alimentación del hombre; la inversión inicial y los costos de producción son escasos ya que no requiere de equipo o locales especiales, asimismo puede proporcionar un ingreso extra con el aprovechamiento de los productos y subproductos generados.^(16,29) Por todas estas características la cunicultura constituye una opción que debe ser estimulada, buscando nuevas alternativas de materias primas para su alimentación debido a que este rubro representa cerca del 60% de los costos en una explotación,^(7,52) una de estas nuevas alternativas pueden ser las algas que representan aproximadamente las 2/3 partes de la biomasa terrestre que poseen una gran versatilidad en términos de tamaño, forma, función ecológica y composición bioquímica siendo gracias a esta versatilidad sus diversas aplicaciones para beneficio directo o indirecto del hombre y recientemente su aplicación en la alimentación animal.^(20,32)

Anatomía del aparato digestivo del conejo

Las características del tracto digestivo, son el principal factor que influye sobre las necesidades nutritivas y el tipo de alimento que pueden utilizarse para la alimentación de los animales. El conejo es considerado un animal monogástrico herbívoro, no rumiante con fermentación postgástrica cecal con una gran capacidad digestiva.^(16,40,44)

El estómago es una bolsa alargada con una pared muy delgada, posee una capacidad de 100 g (cerca del 34% de la capacidad total del aparato digestivo) cuya función es el almacenamiento de los alimentos así como la regulación del tránsito hacia el intestino delgado.^(22,23,44) En este órgano se pueden distinguir dos regiones: la zona cardial que actúa como reservorio y la zona pilórica que es secretora y termina en el pilóro que está provisto de un poderoso esfínter cuya función es regular la salida de los alimentos hacia el intestino delgado.^(23,44) En el estómago siempre existe un pH ácido que va de 1 a 7 dependiendo del sitio anatómico (fondo o pilóro), tipo de alimentación, presencia de cecotrofos y la edad del conejo,^(22,40) esta elevada acidez se debe a la secreción de ácido clorhídrico, pepsina (segregada en forma de pepsinogeno), mucina, lipasa y minerales como Ca, K, Mg y Na, en conejos lactantes además es posible detectar la renina que es una enzima especializada en la coagulación de la leche que disminuye cuando aumenta el consumo de alimento en la etapa de lactancia.^(40,44)

El intestino delgado es el principal lugar de digestión y absorción; anatómicamente se divide en 3 segmentos : duodeno, yeyuno e ileon, mide alrededor de 3 mt de longitud con un diámetro de 0.8-1.0 mm y tiene una capacidad del 10 al 11% del total del aparato digestivo.^(23,40)

El duodeno es la porción de mayor longitud a la que llegan los alimentos a través del esfínter pilórico, su función es el mezclado del alimento con la bilis y el jugo pancreático con lo que neutraliza el pH ácido del alimento que proviene del estómago. ^(16,44) El íleon posee una pared mucho más delgada que la de sus dos segmentos precedentes, desemboca en el intestino grueso a través de la unión ileocecolónica, la cual funciona como válvula cuya función es dirigir selectivamente el curso del alimento hacia el ciego o el colon dependiendo de la consistencia y naturaleza de este. ^(23,44) Esta porción posee tejido linfoide que se denomina *sacculus rotundus* que algunos investigadores sugieren que es el equivalente a la Bolsa de Fabricio en las aves. ^(44,53)

El intestino grueso realiza importantes funciones en la digestión por el proceso fermentativo que se realiza en el ciego, la excreción selectiva de fibra y la reingestión del contenido cecal (cecotrofia). ⁽¹⁶⁾

El ciego es considerado el segundo reservorio del aparato digestivo del conejo, es un órgano muy voluminoso que normalmente contiene de 6 a 10 veces la capacidad del estómago y bajo ciertas circunstancias puede llegar a representar hasta el 50 % del volumen total del aparato digestivo; posee un pliegue en espiral que recorre toda su longitud y durante su estimulación permite el avance o retroceso del contenido cecal. Es en este órgano donde se realiza la fermentación bacteriana de los alimentos para posteriormente ser utilizados en la cecotrofia. ^(23,44) La parte distal del ciego termina en un saco ciego llamado apéndice cecal, el cual es considerado un órgano linfoide y secretor de fluidos alcalinos ricos en iones bicarbonato que tiene la finalidad de amortiguar el pH ácido del contenido cecal. ⁽⁴⁴⁾

El siguiente segmento es el colon; es un órgano muy complejo en relación a su estructura y funcionamiento. ⁽⁴⁴⁾

Estructuralmente se distinguen dos porciones: el colon proximal y el colon distal. El colon proximal a su vez se divide en 3 segmentos: a) el segmento triple haustrado; que esta conformado por tres hileras de saculaciones o haustras separadas entre si por 3 taenias; b) el segmento simple haustrado el cual posee una sola hilera de saculaciones y una taenia simple; c) el *fusus coli* que es un ensanchamiento del colon que contiene una capa muscular estriada; posteriormente se encuentra el colon distal que esta exento de saculaciones.^(16,44)

El colon desempeña 2 funciones importantes: la separación de partículas de acuerdo a su tamaño y consistencia y la liberación de dos tipos de heces.⁽⁴⁴⁾

Fisiología de la digestión en el conejo

El proceso digestivo se inicia con la ingestión de los alimentos, la masticación es muy intensa llegando en promedio a los 120 movimientos mandibulares por minuto que varia dependiendo de la naturaleza y consistencia del alimento, siendo la excepción los cecotrofos que son deglutidos sin masticar; después pasan al intestino delgado donde el alimento es diluido por el efecto de la bilis, secreciones intestinales y jugo pancreático que provocan la liberación de los elementos fácilmente degradables (azucars, proteínas y grasas) para posteriormente ser absorbidos y distribuidos en todo el organismo por la sangre, hasta esta fase el funcionamiento del tubo digestivo del conejo no difiere de los demás animales monogástricos en cambio su originalidad reside en el funcionamiento dual ciego-colon proximal.^(16, 23,40,44)

Los alimentos llegan a la zona cecocolónica y es dirigida en parte al ciego y en parte al colon. El ciego se encuentra en constante movimiento mediante contracciones hacia adelante o hacia atrás del mismo estableciendo un constante intercambio con el colon proximal.^(16,44) La separación de las partículas de mayor tamaño de las pequeñas se realiza

de forma mecánica. Los movimientos peristálticos hacen avanzar los productos de la digestión por el colon; las grandes partículas (generalmente fibra) al ser de baja densidad se acumulan en el centro, mientras las partículas pequeñas y los fluidos secretados por el colon proximal se acumulan en los bordes o haustras y por medio de la actividad austral retrograda estos elementos regresaran al ciego donde tendrá lugar la fermentación mientras las partículas grandes avanzan y son comprimidas en el colon proximal para tomar su forma definitiva, además de absorber líquidos que son regresados al ciego para finalmente ser excretada las heces duras. ^(16,22,44)

El material que penetra en el colon procedente del ciego normalmente es denso y pastoso; para efectuar la separación de las partículas por su densidad, es necesaria la secreción de líquidos en el colon proximal la cual se realiza aproximadamente a 10 cm de la unión ileocecolónica. ^(16,44)

Mientras las partículas pequeñas generalmente almidones, proteínas y líquidos permanecen en el ciego en donde se realiza la fermentación microbiana con la formación de aminoácidos, ácidos grasos volátiles (60-70 % acético, 15-20% butírico y 10-15 % propiónico), así como síntesis de vitaminas del complejo B, vitamina C y Vitamina K. Dichos productos son absorbidos parcialmente por el ciego o bien al consumir los cecotrofos. ^(16,21) Aproximadamente cada 24 horas el colon se vacía por completo de heces duras y las heces blandas se excretan, el ciego se contrae y el contenido cecal es eliminado; en este proceso las células caliciformes del colon proximal secretan moco formando los cecotrofos o heces blandas que son excretadas en forma de racimos por el ano de donde son tomadas y consumidas directamente por el conejo, a este proceso se le denomina cecotrofia (consumo del contenido cecal, heces blandas o cecotrofos). ^(16, 21,44)

Los cecotrofos ingeridos por el conejo permanecerán en el estómago de 6 u 8 horas tiempo en el cual continua la fermentación en el interior por la actividad microbiana iniciada en el ciego, mientras la capa de mucina es degradada por la acción del ácido clorhídrico, cuando esta es finalmente destruida el material del cecotrofo es expuesto a las secreciones gástricas e intestinales, la porción aprovechable será absorbida en el yeyuno mientras el excedente seguirá su curso intestinal sin pasar por el ciego debido a el mecanismo seleccionador de la válvula ileocecocólica para formar parte de las heces duras.^(16,40,44)

El proceso de cecotrofia implica que gracias a la fermentación bacteriana cecal, se pueden obtener múltiples beneficios. En un conejo sano que recibe un alimento balanceado esta permite la mejor utilización de materia seca (aproximadamente del 5-18% de sus necesidades diarias), aporta del 15-25 % de proteína cruda, 30% de energía en forma de AGV y el aporte de aminoácidos oscila entre 10-23% del total siendo mayor para ciertos aminoácidos como la lisina, metionina, tirosina y triptofano, además de cubrir sus necesidades de vitaminas del complejo B, vitamina C y vitamina K.^(16,21,22,44)

Necesidades nutricionales del conejo en engorda

La estimación de las necesidades alimenticias del conejo precisa tener en cuenta 3 objetivos a menudo contradictorios: 1) Mantener la regularidad del funcionamiento del aparato digestivo; 2) Asegurar una eficiencia optima del alimento (es decir que con el consumo de la ración el animal cubra los requerimientos nutricionales según su etapa de desarrollo) y 3) Conseguir un producto final de calidad a un precio adecuado.⁽²⁹⁾

Energía

Las necesidades de un conejo en engorda varían en función a su peso, edad, velocidad de crecimiento y duración de la engorda además de las características del medio externo.^(16,21)

Los requerimientos de energía en el conejo son cubiertos principalmente por los carbohidratos como el almidón y azúcares simples, las grasas y en algunos casos por el exceso de proteínas.^(16,21) Numerosos estudios han demostrado que el contenido de energía en la dieta, es el factor más significativo que controla el consumo de alimento en los conejos pues estos ajustan su consumo voluntario en respuesta a cambios en la concentración de energía; siempre y cuando la proteína, fibra y demás elementos de la ración cubran sus necesidades, es así que cuando la concentración de energía en el alimento aumenta el consumo se reduce, este mecanismo de regulación comienza su funcionamiento alrededor del día 21 cuando los gazapos comienza la ingestión alimentos sólidos estando completamente establecido al momento del destete.^(38,43) En un conejo Nueva Zelanda la ingestión diaria de energía esta estimada entre 220 a 240 kcal de Energía Digestible (ED) por kg de peso metabólico ($PV^{0.75}$), pero para fines prácticos en la elaboración de dietas para conejos de engorda se maneja un mínimo de 2300 a 2500 Kcal. ED/kg de alimento en condiciones semiintensivas.^(16,43)

Grasas

Los lípidos o grasas son materias primas con muy alta densidad energética, su contenido es casi 3 veces más alta que otros alimentos como los carbohidratos.^(16,42)

En dietas que poseen una naturaleza fibrosa, las grasas tienen potencial ya que aumentan el contenido energético de la ración sin provocar una sobrecarga de carbohidratos, mejorando la palatabilidad y digestibilidad de otros nutrientes y proporcionan material básico para la formación de lipoproteínas y membranas celulares: También facilitan la absorción de vitaminas liposolubles, son fuente de ácidos grasos esenciales, reducen los finos en el alimento además de disminuir el costo y el consumo de alimento.^(16,42)

En la alimentación del conejo, es común la utilización de aceites vegetales y grasas de origen animales. Las vegetales como el aceite de soya o de girasol son las más utilizadas, ya que presentan una alta digestibilidad y contienen un alto nivel de ácidos grasos insaturados; no así las grasas animales que contienen un nivel mas bajo de ácidos grasos insaturados por lo que son menos digestibles.^(18,41,50,51) Un aumento en el contenido de energía digestible de la dieta que resulta de la inclusión de grasas, conlleva a un decremento en el consumo de alimento sin embargo hay que evaluar si los otros ingredientes de la ración satisfacen o no las necesidades del animal; es por esto que se considera una inclusión del 3 al 5% de aceites sin que se vea afectada la ganancia de peso.^(16,42,43)

Proteínas

El conejo no tiene requerimientos específicos de proteína, más bien requiere de aminoácidos específicos. Se ha demostrado que el conejo necesita el aporte de 10 de los 21 aminoácidos que constituyen las proteínas. Por analogía con otras especies, se tienen en cuenta otros dos aminoácidos que pueden sustituir parcialmente a dos aminoácidos indispensables, lo que conduce a la lista siguiente: arginina, histidina, leucina, isoleucina, lisina, metionina + cistina, fenilalanina+ tirosina, treonina, valina y triptofano) y que incluso un onceavo (la glicina) no es sintetizado a suficiente velocidad por lo que hay que aportarlo en la dieta.^(16,40) Es preciso hacer notar que la mayor parte de la recomendaciones sobre el nivel optimo de proteína en el alimento vienen expresados en proteína bruta (PB), sin embargo dos raciones con el mismo contenido de proteína bruta pueden tener un aporte de aminoácidos muy diferente debido a la composición de aminoácidos y a su disponibilidad en una proteína específica, en la medida en que las proteínas alimenticias aporten los aminoácidos indispensables la ración para conejos en engorda puede contener

entre un 15- 16% de PB.^(16,29) Si las proteínas se encuentran en una proporción insuficiente se incrementa el peso del contenido digestivo, la causa parece radicar en que el nitrógeno alimenticio que alcanza el ciego resulta insuficiente para promover el desarrollo y la actividad fermentativa normal además de que no se cubren los requerimientos de aminoácidos esenciales dando como resultado un retraso en el crecimiento, debilidad y disminución en las defensas del organismo; en animales que realizan la cecotrofia esta deficiencia se puede cubrir totalmente, si al contrario existe un exceso entre 17-20% se puede obtener una mayor velocidad de crecimiento y un mejor índice de conversión, pero no siempre se puede justificar desde el punto de vista económico aunado a esto el exceso de proteína favorece la acción de bacterias proteolíticas del ciego, susceptibles a elaborar amoníaco con el subsecuente aumento en el pH y la posible intoxicación por urea o amoníaco o predisposición a enfermedades bacterianas del aparato respiratorio.^(16,18,29,43,53)

Fibra

El conejo es un animal herbívoro pero su capacidad para digerir la fibra es limitada, ya que depende en gran medida de la flora bacteriana existente en el ciego que son los responsables de transformar parte de la fibra en AGV para ser utilizados como fuente de energía; así como participar en la regulación de la motilidad intestinal ya que fibras poco digestibles como la lignina actúan como lastre.^(11,16,40)

Otra función de la fibra es la de regular la energía en la ración y de otras materias primas, la energía en alimentos fibrosos aumenta a medida que se reduce el contenido en fibra indigestibles,^(11,16,40) es así que al considerar el nivel de fibra a utilizar se debe tener en cuenta las características del animal, el tipo y tamaño de fibra y el equilibrio de esta con otros nutrientes. Se ha demostrado que los mejores resultados de la ganancia de peso,

consumo de alimento y peso de la canal se registraron para conejos en los que se incluyó niveles de 14-17.5 % de fibra cruda en la dieta, asimismo los menores consumos y ganancias de peso se registraron en los conejos que consumieron 7.5% de fibra cruda, esto se debe a que porcentajes de fibra demasiado bajos en la ración incrementan el tiempo de retención del alimento en el ciego que origina una insuficiente renovación del mismo; desequilibrio de la microflora con riesgo de fermentaciones anómalas, incremento de producción de amoníaco o alcalinización del medio cecal, también predispone al arrancamiento de pelo y consumo de este con la subsecuente formación de tricobezoares en el estómago que pueden causar erosiones de la mucosa e incluso la muerte por bloqueo intestinal aunado a esto el valor de la piel en el mercado es castigado.^(1,16,21,29,53) Así también un exceso de fibra no es deseable ya que el contenido de energía digestible en la dieta disminuye; en respuesta a esto el conejo aumenta su consumo de alimento y con esto el peristaltismo que implica una disminución de la permanencia del alimento, además de no cubrir sus necesidades de energía lo que favorece la utilización de la proteína como fuente de energía con la consecuente desaminación e incremento en la producción de amoníaco, alcalinización del medio cecal y desequilibrio de la microflora cecal y en la producción de AGV que resulta en un aumento de desordenes digestivos por lo que se recomienda usar niveles de 14-17.5% de fibra cruda en la alimentación de conejos de engorda.^(1,16,18,29)

Es importante destacar la influencia de las características físicas de la fibra; particularmente el tamaño de estas que varía dependiendo de la fuente de fibra y la molienda. Se sabe que partículas demasiado finas < 3mm resultan, en un aumento de retención del alimento en el ciego debido a la actividad seleccionadora de la válvula ileocecolónica y la actividad antiperistáltica del colon proximal que produce un retorno hacia el ciego de las partículas

pequeñas que aunque permiten una mejor degradación digestiva de la fibra, pueden producir una sobrecarga del ciego y una insuficiente renovación del sustrato para la actividad microbiana cecal que puede evolucionar en forma de constipación o diarrea. Por el contrario una molienda excesivamente grosera dificultan la compactación, disminuyen la calidad del pellet además de aumentar el desperdicio del alimento. ^(11,21,29,40)

Minerales y vitaminas

Los principales macrominerales de interés en la formulación de dietas para conejos en engorda son el Ca y el P, siendo los demás minerales proporcionados en cantidad suficiente por las diferentes materias primas proporcionadas en la ración. Las necesidades de microminerales han sido poco estudiadas aunque para fines prácticos en las dietas se suplementan Zn, Fe, Mn, Cu, I, Se y Co en forma de premezcla de minerales en la ración; a pesar de que la mayor parte de las materias primas son fuentes de estos teniendo como ejemplo la harina de alfalfa que es considerada una fuente de calcio, magnesio y elementos traza. ^(21,22,29)

Con respecto a las vitaminas en conejos de engorda, los trabajos de investigación se han enfocado a casos de carencia o exceso y no en las necesidades específicas de estas; es necesario recordar que las recomendaciones son alrededor de 3 veces más altas de los requerimientos estimados y que se han reportado efectos tóxicos cuando se han suministrado de 5 a 10 veces los niveles recomendados principalmente las vitaminas A y D. ^(21,22,29)

Las vitaminas del complejo B, vitamina C y la vitamina K son sintetizadas por los microorganismos cecales y aprovechados por medio de la cecotrofia; asimismo la mayoría de las materias primas utilizadas en la alimentación del conejo contienen cantidades

considerables de vitaminas del complejo B, lo que permite cubrir las necesidades del conejo en producciones semiintensivas o tradicionales pero no en conejos de alta productividad por lo que sus raciones generalmente se suplementa con vitamina B2, B12, niacina, ácido pantoténico y colina, algunos añaden vitamina B1 y B6 y rara vez se incluye la biotina y el ácido fólico.^(21,29,43)

Generalidades de algas

Se denomina algas a un grupo de plantas fotosintéticas no vasculares que contienen clorofila y poseen estructuras reproductoras simples que se caracterizan por vivir en un medio acuático o con alta humedad; existen más de 25,000 especies distribuidas en todos los lugares del planeta tanto en aguas dulces como saladas.^(12,20,32,65) Por su tamaño, las algas pueden ser unicelulares microscópicas (microalgas y cianobacterias) o plantas gigantes de más de 50 metros de longitud (macroalgas); en función a la profundidad donde habitan encontramos clorofíceas que viven en la capa más superficial y las rodofíceas que viven a mayor profundidad. En general se agrupan en 7 divisiones: 1 procarionte (Cianofitos) y 6 eucariontes (Crisofitos, Pirofitos, Euglenofitos, Clorofitos, Feofitos, Rodofitos).^(12,20,65)

En la actualidad se han estudiado diversos usos de estas, siendo cerca de 400 especies estudiadas como las algas microscópicas o cianobacterias que conforman la base de la cadena alimenticia entre las que se pueden mencionar: algas verde-azul como *Spirulina* y *Anabaena*, algas verdes como *Chorella* y *Scenedesmus*, algas rojas como *Dunaliella*, algunas intervienen en el proceso de purificación de aguas residuales,^(9,10,65) otras son utilizadas en conjunto con macroalgas para mejorar la estructura y fertilidad de los suelos, ya que las microalgas fijan el nitrógeno y producen hidrógeno, mientras que las macroalgas proporcionan minerales y sustancias orgánicas que incrementan el crecimiento y la actividad metabólica de numerosas plantas además potencian la resistencia a heladas y a numerosas plagas; su adición en cultivos de calabacita, maíz, zanahoria, papas y trigo ha demostrado resultados satisfactorios.^(20,48,61) Las macroalgas son utilizadas principalmente para la extracción de ficocoloides (nominación colectiva del agar, carragenanos y los

alginatos), que son utilizados en la industria alimenticia como aditivos o en la industria farmacéutica como medios o sustrato para cultivos bacterianos entre otros numerosos usos. ^(13,24,25,48)

Algunas algas forman parte de la dieta humana desde tiempos lejanos, su consumo y las formas de utilización son muy variados, generalmente son utilizadas como verduras en sopas, ensaladas o botanas, en dulces y como condimento de diversos platillos siendo los géneros de macroalgas más usados *Enteromorpha*, *Ulva* o lechuga de mar, *Laminaria* (kombu), *Undaria* (wakame), *Porphyra* (nori) y microalgas como *Spirulina* y *Chorella*.^(13,24) También es importante mencionar el uso de ambas como fuente de compuestos con aplicaciones biomédicas, debido a la gran cantidad de productos biológicos que contienen o excretan.^(25,32,48,50) En el campo de la energía, algunas algas empiezan a considerarse como medio productor de material fermentable para la producción de gas metano.^(2,13)

Spirulina maxima

Spirulina maxima es una microalga o cianobacteria de color azul-verde cuya clasificación taxonómica es la siguiente : Clase: *Cyanophyceae*; Orden: *Nostocales*, Familia: *Oscillatoriceae*, a lo largo de numerosas investigaciones el genero y especie han tenido varios sinónimos entre los que se pueden mencionar *Spirulina geitleri*, *Oscillatoria pseudoplatensis*, *Phosmidium tenue*, *Schizothrix calcicola* siendo en la actualidad conocida como *Spirulina maxima* o *Arthrospira máxima*.^(51,55,66)

Es una cianobacteria filamentosa pluricelular fotoautótrofa caracterizada por una cadena de células en forma de espiral con 5 o 6 torsiones y envueltas por una vaina; su longitud es

de 18.3 μm y su diámetro es de 11.6 μm en su forma de espiral, cada célula mide 5 μm de diámetro y 0.9 a 8 μm de largo. (Figura 1 y 2) ^(28,32,34)

Distribución

Las algas verde azuladas o cianofitas, se encuentran en todo tipo de ambiente desde los suelos áridos hasta mar abierto, en las regiones polares hasta los trópicos; no obstante que la *Spirulina* tiene un crecimiento óptimo en aguas saladas son muy pocas las especies que crecen en el mar por el bajo contenido en carbonatos y elevadas concentraciones de calcio y magnesio que inhiben su desarrollo.⁽³²⁾ La *Spirulina* crece en forma natural en lagos alcalinos con altas concentraciones de sales minerales compuestas por bicarbonatos y carbonatos de sodio; con un pH de 8 a 11 además altas cantidades de bióxido de carbono y luz solar; estos factores son necesarios para el desarrollo de las cianobacterias y hacen casi imposible la vida de otros microorganismos, plantas u animales por lo que generalmente la *Spirulina* prolifera como monocultivo.^(3,32,50,51)

La principal área donde se localiza *Spirulina maxima* en forma natural en México es el lago de Texcoco; sin embargo su cultivo en base a sistemas artificiales cerrados se desarrolla en Japón, Tailandia, China, Taiwán, Israel, USA, Brasil, Colombia y Perú.^(32,37) Existen en África, Perú, Chile y Australia lagos alcalinos con potencial para cultivar alguno de los géneros de *Spirulina* (*Spirulina máxima* o *Spirulina platensis*) en forma seminatural.⁽³²⁾

Producción

Actualmente es posible encontrar cultivos de *Spirulina* en estanques al aire libre en forma seminatural o en base a sistemas artificiales o bien en un sistema cerrado con reactores tubulares de polietileno.^(3,32,56)

En México desde 1970 el sistema utilizado es un estanque al aire libre con condiciones seminaturales ubicado en el Lago de Texcoco denominado "El caracol", que en un principio producía 1 tonelada diaria de *Spirulina* seca durante la mayor parte del año; en 1998 se calculó su producción entre 300 a 330 ton al año. ^(41,51)

El proceso industrial de recolección para poner a la venta la *Spirulina* al público comprende diversas etapas entre las que se menciona. ^(32,41,51,56)

Recolección y filtración : Se realiza por medio de canales que bombean la solución que contiene el alga a la primera etapa de filtración, en esta etapa la solución pasa por unos filtros cuyo objetivo es recolectar el alga y eliminar al máximo el medio de cultivo.

Desintegración: Cuyo fin es romper la pared celular de la *Spirulina*, para hacerla más manejable.

Pasteurización: En esta etapa se pasa la biomasa a través de unos intercambiadores de calor en los cuales por medio de choques térmicos se eliminan las bacterias.

Secado: Durante esta etapa se ponen en contacto las pequeñas gotas formadas con aire caliente, para que por medio de este se elimine el agua y se obtenga polvo de *Spirulina* para posteriormente ser enviado al envasado y control de calidad.

Composición química

La composición química de *Spirulina* refleja su potencial para la alimentación humana y animal, ya que desde el punto de vista nutricional (Cuadro 1) resulta importante su elevado contenido en proteínas, la presencia de ácidos grasos insaturados esenciales, aminoácidos, vitaminas, minerales y pigmentos. ^(32,51)

Proteína

Spirulina máxima presenta uno de los contenidos proteicos mas elevados que oscila entre 50 – 70 % en base a materia seca, esta proporción es muy superior a la soya u otras fuentes vegetales (Cuadro 2), aunado a esto la proporción de aminoácidos se compara favorablemente con el ideal establecido por la FAO e incluso posee una mayor cantidad de cada uno de los elementos básicos de la alimentación humana tales como el triptofano, leucina, valina y otros,^(3,66) siendo los aminoácidos limitantes la metionina y la cistina a pesar de ser más abundantes en esta alga en comparación a cereales, semillas o verduras, otro aminoácido limitantes es la lisina que al someter al alga a tratamientos térmicos este aminoácido se ve afectado.^(3,35)

Debido a que la *Spirulina* es un organismo procarionte no posee la estructura celular bien organizada de los organismos superiores y su pared celular carece de celulosa dura ya que esta formada por mucopolisacáridos blandos que facilitan la digestión y asimilación de las proteínas por el organismo.^(3,35)

Lípidos

El contenido en grasa de *Spirulina* es solo del 5%, se ha reportado que el 75.7% son ácidos grasos y del total los ácidos grasos esenciales insaturados se encuentran en un promedio de 62.16%, siendo los más abundantes el linoleico y el linolenico.(Cuadro 1)^(8,32,50,56,66)

Carbohidratos

La *Spirulina* contiene 15% de carbohidratos; siendo la ramnosa y el glucogeno los que se encuentran en mayor cantidad, estos polisacáridos son fácilmente absorbido por el organismo.^(32,51,66)

Vitaminas y minerales

Esta alga es considerada como una fuente de vitamina A debido a que contiene altos niveles de provitamina A o beta carotenos que son convertidos en el intestino y absorbidos solo la parte necesaria para cubrir los requerimientos diarios, asimismo contiene vitaminas del complejo B y minerales como hierro, calcio, magnesio, manganeso, cromo, zinc, cobre, selenio y germanio. (Cuadro 3 y 4) ^(8,32,35,56)

Pigmentos

Un aspecto importante desde el punto de vista biotecnológico lo constituyen los pigmentos; *Spirulina* contiene un espectro casi completo de estos; verde de la clorofila, rojo de carotenoides, azul de ficocianina, amarillo de xantofilas y violeta de violaxantinas, siendo el principal la ficocianina. ^(3,8,32,50)

Uso en alimentación animal

La necesidad de proporcionar a los animales alimentos con un alto nivel de proteína y de fácil digestión hacen a la *Spirulina* una opción para su inclusión como materia prima en la alimentación animal. Es así que ha sido utilizada como complemento en la ración de diversas especies animales, entre las que se pueden mencionar a el gusano de seda, cerdos, rumiantes, aves y peces. ^(6,37,56)

En la ración de gusanos de seda (*Bómbix moris*), la *Spirulina* liofilizada puede sustituir a la soya en niveles que van del 20 al 40% con la ventaja de que no contiene sustancias inhibitorias del crecimiento presentes en otras leguminosas. En cerdos se ha empleado como fuente de proteína llegando a sustituir hasta el 25% de la proteína total de la dieta teniendo como única limitante la inclusión de lisina. En rumiantes a resultado útil como única fuente de proteína en borregos y bovinos. Asimismo criadores de bovinos y caballos,

afirman que su inclusión en ensilados incrementa la cantidad de espermias en machos y la fertilidad en hembras.^(6,32,37,56)

Su utilización como fuente de proteína y pigmentante en las raciones de aves es ampliamente difundida; en gallinas de postura al administrar niveles de 7.7-10% proporciona una coloración amarilla en pico, tarsos, piel y a la yema del huevo sin tener alteraciones en la tasa de postura, peso medio del huevo y conversión alimenticia. Niveles inferiores (2-3%) le proporcionan una coloración aceptable a la yema del huevo y raciones con 15% resultan en un aumento del número de huevos por ciclo de postura aunque tienden a tener menor peso.^(6,32,37) En pollos de engorda se ha realizado sustituciones hasta del 25% de soya por *Spirulina* sin que se vean afectados la ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, una adición del 5% le proporciona una buena pigmentación a la piel, además de estimular el sistema fagocitario mononuclear e incrementar la resistencia a enfermedades. En canarios y otras aves exóticas se administra para realzar el color debido a que los beta carotenos intensifican los matices rojo, rosa, amarillo y naranja de las plumas, aceleran el crecimiento y la madurez sexual.^(32,37,56)

En acuicultura comercial los peces y moluscos se crían a partir de larvas siendo la fase más difícil de mantener, la incorporación de *Spirulina* entre 1-10% en la dieta mejora la supervivencia, acelera el crecimiento, la madurez sexual, estimula la ovulación y reproducción sexual; asimismo mejora el colorido y vistosidad de peces de ornato, carpas, truchas y salmones.^(6,32,37,56)

Beneficios para la población humana

El empleo empírico de *Spirulina* en la alimentación humana data de tiempo atrás cuando los Kanembu en el lago Chad y los aztecas en el lago de Texcoco, la consumían en

forma de tortillas o tortas endurecidas a las que denominaban *dihe* y *tecuiltatl* respectivamente.^(3,6,32,47,50)

A primera vista la *Spirulina* es fuente de proteínas, vitaminas y minerales; razón por la cual en países subdesarrollados su cultivo y consumo suponen un alivio rápido a la mala nutrición, aunque en la actualidad su producción esta dirigida principalmente al mercado de los llamados alimentos orgánicos y saludables en donde es consumido como complemento alimenticio mezclándolo con frutas o verduras en jugos y ensaladas o como materia prima en la elaboración de chocolates, galletas, pasteles y dulces; una nueva posibilidad es la preparación de alimentos fermentados similares al queso o yogurt a los cuales se les adicionara *Spirulina* decolorada.^(8,32,51,66)

Son numerosas las propiedades terapéuticas de la *Spirulina* que se han reportado en humanos, entre las que destacan su uso en la reducción del colesterol por su alto contenido de ácido linolénico y linoleico que estimulan la tiroides y la síntesis de prostaglandinas. Los beta carotenos son la sustancia anticancerosa más conocida, ya que desactivan los radicales libres que dañan las células y son causantes del cáncer por lo que la adición de *Spirulina* en la dieta puede disminuir la incidencia de cáncer.^(36,47,56)

Un extracto de polisacáridos sulfatados de *Spirulina* llamado Calcio-spirulian ha demostrado actividad antimicrobiana contra virus como Herpes simplex, Cytomegalovirus e Influenza A y bacterias como *Bacillus subtilis*, *S. aureus*, *Sacharomyces cerevisiae* y *Candida albicans*.^(25,34,56) En la actualidad, se estudia el efecto de *Spirulina* en la estimulación del sistema inmune por acción de la ficociacina y en la prevención de enfermedades oculares y anemia por el alto contenido de pro-vitamina A, hierro y vitamina E.^(32,34,51,56)

Toxicología

En diversos estudios toxicológicos realizados en animales de laboratorio, se ha demostrado que la *Spirulina* no induce efectos tóxicos determinados por el aumento ponderal, constantes hematológicas, constantes bioquímicas, histológicas y postmortem de diversos órganos analizados. En cuanto a toxicología de la reproducción, se ha informado que no altera los índices de gestación, viabilidad y lactación; en estudios multigeneracionales tampoco dio lugar a malformaciones congénitas, reabsorciones embrionarias o alteraciones en el peso de las crías después de administrar *Spirulina* durante diferentes periodos de gestación.^(14,15,27)

En humanos una de las principales preocupaciones de toxicosis es la alta ingestión de ácidos ribonucleicos y desoxiribonucleicos; estos aumentan los niveles de ácido úrico en suero y con esto el riesgo de gota, si la concentración es alta puede conducir a la formación de cálculos renales y nefropatías, pero se ha demostrado que el consumo máximo diario para provocar la predisposición a tal enfermedad es de 30 g estos estudios han demostrado que la *Spirulina máxima* esta exenta de toxicidad crónica o subcrónica.^(27,56,66)

Otros usos

Entre los productos obtenidos y recientemente estudiados, se encuentra un pigmento de color azul llamado ficocianina que es utilizado como colorante en cremas, maquillajes y alimentos, en el campo de la inmunología se utiliza como marcador inmunoquímico.^(32,34,45,51) Otro campo en que incursiona actualmente la *Spirulina* es su utilización en el tratamiento biológico de agua residuales ya que remueven y utilizan nutrientes de esta agua con la posibilidad de el rehusó limitados del agua y la utilización

de su biomasa en la alimentación animal o como fuente de energía, fertilizantes u otras sustancias químicas aprovechables por el hombre.^(8,9,10)

Ascophyllum nodosum

Ascophyllum nodosum es una macroalga marina cuya clasificación taxonómica se describe a continuación : Clase: *Phaeophyceae*; Orden : *Fucales*, Familia : *Fucaeae*; en relación al genero y especie a lo largo de los últimos años se le han atribuido numerosos sinónimos entre los que se pueden mencionar : *Ascophylla laevigata*, *Ozothallia nodosa*, *Physocaulon nodosum*, *Halidryis nodosa*, *Fucoduim nodosum*, *Helicoccus nodosus* o *Fucus nodosus* siendo aceptado en la actualidad el nombre de *Ascophyllum nodosum* o bien en conjunto con otras algas cafés recibe el nombre de Kelp.^(5,59,63)

Es un alga de coloración café marrón de tamaño variable que es capaz de crecer hasta varios metros de largo aunque en la mayoría de las costas su crecimiento se restringe entre los 0.5 a 2 mts, debido a los cambios de marea que tiende a romperla. Esta especie crece lentamente por lo que puede vivir hasta 15 años; aunque para fines de explotación industrial su ciclo es de 3 años. (Figura 3) ^(5,63)

Distribución

Las algas cafés feofitas son en su mayoría marinas y se ubican de manera especial a lo largo de las zonas costeras tanto cerca de las costas o hasta en profundidades menores a los 40 metros.⁽¹⁹⁾

Ascophyllum nodosum, se puede encontrar en zonas con sustratos rocosos cercanas a las costas con poca profundidad en aguas frías, claras y ricas en nutrientes.^(5,59,63)

Las principales áreas donde se localiza *Ascophyllum nodosum* en forma natural, es en las costas del Atlántico Norte entre los paralelos 40 a 77° N de latitud aunque es más común

encontrarla en las costas de América del Norte en el este de Canadá y Groelandia; en Europa en las costas de Noruega, Portugal, Francia y Escocia además alrededor de las islas de Islandia e Irlanda.^(5,31,63)

Producción

En el caso de *Ascophyllum nodosum* principalmente, existe una recolección en las costas de los distintos países en los que crece como flora normal en donde su cosecha es básicamente en dos formas: recolección total del alga que esta restringida a los meses de abril a octubre o bien todo el año procurando dejar aproximadamente 15 cm de la base de la planta con una rotación de 2 a 4 años por área cosechada, a pesar de esto se obtienen de 5,000 a 9,000 toneladas en base húmeda con un promedio de producción de 6.2 a 12 kg por m².^(20,31,59)

La forma de comercialización de esta alga es básicamente en forma de harinas, debido a que su vida media en fresco es muy corta variando entre 1 a 3 semanas dependiendo en gran medida de la temperatura y de la luz, el proceso de elaboración de harinas de *Ascophyllum nodosum* se describe a continuación:

Desintegración y tamizado con cribas de 14 mm y posteriormente cribas de 8 a 10 mm para posteriormente ser deshidratada, secada y pasteurizada con temperaturas que van de 700-800 °C y un máximo de salida de 70 °C para finalmente ser empaquetado en bolsas.⁽³¹⁾

Composición química

En general la composición química de las algas varia de especie a especie y en función a su localización geográfica, estación del año, exposición al oleaje y a las corrientes, concentración de nutrientes en el medio, profundidad a la que se localicen, temperatura entre otros múltiples factores a pesar de estos numerosos factores, *Ascophyllum nodosum* es

considerado en la actualidad como un suplemento por su alto contenido en vitaminas, minerales y elementos traza. (Cuadro 1) ^(19,31,59)

Proteína

La calidad de proteína es aceptables en comparación a otras fuentes vegetales por su alto contenido de aminoácidos esenciales como lisina, leucina y valina así como no esenciales entre los que destaca el ácido glutámico y el ácido aspártico(Cuadro 2) llegando a considerarse como una fuente complementaria a pesar de que el contenido de proteína es del 6%.⁽⁵⁹⁾

Lípidos

El contenidos de grasa de *Ascophyllum nodosum* es de 2 al 7% predominando los ácidos grasos esenciales insaturados.⁽¹⁹⁾

Carbohidratos

A pesar de poseer un alto contenido de carbohidratos estos no son aprovechables por el hombre debido a que se encuentran como polisacáridos complejos o ficocoloides que no son digestibles por el humano debido a la ausencia de enzimas apropiadas para la degradación de estos, siendo los principales el alginato de sodio, fucoidinas (polisacáridos sulfatados, glucuronoxiloglucan sulfatado), manitol y laminarin. (Cuadro 1) ^(59,68)

Vitaminas y minerales

Por su alto contenidos en cenizas las harinas de *Ascophyllum nodosum* son una fuente potencial de minerales como cloro, potasio, magnesio, iodo y minerales traza además de contener cantidades considerables de vitamina C, vitamina E y colina y en menor cantidad vitaminas del complejo B. (Cuadro 3 y 4) ^(19,59)

Uso en la alimentación animal

Las algas marinas se usan como suplemento en la alimentación animal especialmente en países europeos desde la Primera Guerra Mundial, época en que la escasez de granos llevó a usar algas marinas como alimento del ganado, hoy en día algunas algas son empleadas como alimento para el ganado en forma directa, aunque la mayoría son usadas como harinas para suplementar la ración de los animales.^(13,48)

Actualmente *Ascophyllum nodosum* se emplea en fresco como alimento para bovinos, ovinos, caballos y cerdos que comúnmente son llevados a pastorear a las playas durante el invierno y verano siendo en muchos casos la mayor parte de su ración.⁽¹³⁾ En forma de harina a sido utilizada como fuente de vitaminas, minerales y elementos traza en la alimentación de ovinos, bovinos, aves y cerdos; se ha observado que en ovinos de lana mejora la fertilidad y las crías de hembras que han sido suplementadas con *Ascophyllum nodosum* tienden a ser mas pesadas, aunado a esto mejora el crecimiento, color y producción de lana.^(31,54,59) En bovinos de leche con la adición de 200 g por día de mezcla mineral y harina de *Ascophyllum nodosum* (78.74% *Ascophyllum nodosum* + 20% $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ + 1.2% MgO + 0.06% CuSO_4) mejoran la fertilidad, incrementa su producción de leche, minimiza la pérdida de producción durante los periodos de estrés, prolonga los periodos de producción láctea y aumenta el contenido de yodo y vitamina A en la leche. En bovinos de carne mejora la eficiencia alimenticia y la ganancia de peso, aumenta el contenido de hemoglobina en sangre y produce una reducción en el contenido de grasa en la carne, estos mismos efectos positivos han sido observados en pollos de engorda.^(4,13,19,31) En gallina de postura se ha determinado que niveles del 10% de harina de *Ascophyllum nodosum* en la ración provoca diarreas o heces más líquidas, sin registrarse efectos

adversos sobre la producción de huevo; aumenta los niveles de pigmentación de la yema del huevo y los niveles de ácidos grasos insaturados, especialmente el docohexaenoico, en cambio en raciones con 15%, el peso del huevo y del cascaron son menores.^(31,46,59) En cerdos se ha observado que la adición del 3% no afecta el crecimiento, eficiencia alimenticia y la calidad de la canal y reduce los costos por alimentación en un 2-6%, se a utilizado el residual de *Ascophyllum nodosum* en cerdos de 7 días con una inclusión del 50% causando diarreas.^(4,31,68)

Uso en alimentación humana

Ascophyllum nodosum no es consumida en forma directa por el ser humano a pesar de poseer un perfil de vitaminas y minerales adecuado para la alimentación humana; su utilización principal en la alimentación humana es dentro del campo de los aditivos alimenticios ya que el ácido alginico o alginato de sodio es utilizado como agente gelificante, emulsificante, viscosante o estabilizante.^(5,19,24) No solo la industria alimenticia se beneficia con el empleo de el ácido alginico y otros ficocoloides, ya que en otros sectores de la industria es ampliamente utilizado ejemplo de esto son la industria textil, farmacéutica, cosmetológica entre otras.^(24,31,59)

Se ha demostrado que la capacidad antimicrobiana de las algas tiene su origen en la necesidad de estas para poseer mecanismos de defensa frente a bacteria u hongos, para mantener su superficie libre de epifitas y eliminar competidores de su entorno vital, extractos de *Ascophyllum nodosum* han probado cierta capacidad bactericida contra G(+) y G(-) siendo la sustancia activa los ácidos grasos, terpenoides y carbonilos específicamente el ácido acrílico.^(13,48) También ha demostrado un efecto antiviral contra el virus de la Influenza siendo el ácido alginico la sustancia activa además de poseer actividad quelante o

secuestrante de metales divalente como el plomo, ensayos en ratas han demostrado la reducción de hasta el 75% en la absorción gastrointestinal del plomo.^(19,59) Estudios recientes han señalado que *Ascophyllum nodosum*, posee cierta actividad anticolesterol por su alta proporción de fucoesteroles que constituyen entre el 90-95% del contenido total de esteroides; además de constituir una fuente importante de compuestos antioxidantes como el tocoferol y elementos que ejercen un efecto sinérgico con la vitamina E como la vitamina C y numerosos fosfolípidos como el fosfatilinositol.^(25,48)

Además el uso de *Ascophyllum nodosum*, ha proporcionado grandes esperanzas como posible fuente de compuestos anticancerígenos, anticoagulante y antitrombóticos ya que posee un alto contenido de polisacáridos sulfatados específicamente las fucoidinas.^(19,25,48)

Toxicología

A lo largo de numerosas investigaciones, se ha determinado que la mayoría de los animales domésticos tienen una tolerancia de hasta un 10% de adición en la dieta niveles más altos causan diarrea; no así los conejos que toleran como máximo 5%. Con niveles superiores de *Ascophyllum nodosum* se han reportado efectos tóxicos en conejos con la muerte de 2/3 partes de los animales en investigación a lo largo de un periodo de 100 días, aunque el mecanismo de toxicidad no ha sido determinado.⁽³¹⁾

Otros usos

El uso de las algas marinas en la agricultura como fertilizante o mejorador de suelos data desde tiempos de los romanos, en la época moderna son colectadas y utilizadas como composta o extractos líquidos con diversas presentaciones comerciales.^(48,61)

Hoy en día *Ascophyllum nodosum* es utilizado como mejorador de suelos, debido a que el ácido algínico retiene agua lo que reduce la posibilidad de acidificación y endurecimiento

de los suelos, además de proporcionar minerales como las citoquinonas, auxinas, fenoles y polifenoles que poseen actividad antioxidante que incrementan la presencia de hormonas del crecimiento y estimulan diversos mecanismos de defensa contra insectos y enfermedades.^(4,61)

JUSTIFICACIÓN

Considerando que no existen estudios previos del uso de las algas *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* como promotores del crecimiento en alimentación de conejos, se realizó la presente investigación con la inclusión a diferentes niveles de algas en la dieta de conejos Nueva Zelanda Blanco en la etapa de engorda, para determinar la forma en que afecta el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal para su posible uso como promotor en la alimentación cunícola.

HIPÓTESIS:

Ha: La inclusión de algas (*Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*) a diferentes niveles en la alimentación de conejos Nueva Zelanda Blanco en el período de engorda afecta los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal).

Ho: La inclusión de algas (*Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*) a diferentes niveles en la alimentación de conejos Nueva Zelanda Blanco en el período de engorda no afecta los parámetros productivos (consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal).

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar a las algas (*Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*), como promotores de crecimiento en la alimentación de conejos Nueva Zelanda Blanco en el período de engorda.

Objetivos Particulares.

1.1. Evaluar la ganancia de peso en conejos Nueva Zelanda Blanco, alimentados con diferentes niveles de algas (*Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*) en la etapa de engorda

1.2. Medir el consumo de alimento de conejos Nueva Zelanda Blanco, alimentados con diferentes niveles de algas (*Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*) en la etapa de engorda

1.3 Determinar la conversión alimentaria en conejos Nueva Zelanda Blanco en la etapa de engorda.

1.4 Estimar el rendimiento con distintas presentaciones de la canal de conejos Nueva Zelanda Blanco, alimentados con diferentes niveles de algas (*Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*) en la etapa de engorda

1.5 Evaluar el rendimiento peletero de conejos Nueva Zelanda Blanco, alimentados con diferentes niveles de algas (*Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*) en la etapa de engorda

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la unidad cunícola del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Salvador Díaz Mirón S/N en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Delegación Tláhuac, Distrito Federal a una altura de 2250 m.s.n.m. entre los paralelos 19°15' latitud Oeste. Bajo condiciones de clima templado húmedo Cw, siendo Enero el mes más frío y Mayo el más caluroso, su temperatura promedio anual es de 16°C y con una precipitación pluvial anual media de 747 mm.⁽²⁶⁾

Se utilizaron 126 conejos de la raza Nueva Zelanda Blanco de 35 días de edad con un peso promedio de 789 ± 60 g; con una distribución al azar, tanto los animales como los tratamientos, formando grupos de 3 animales por jaula. Se evaluaron 6 tratamientos con 7 repeticiones por tratamiento, las fuentes de variación fueron el tipo de algas y la inclusión de las mismas en sustitución al salvado de trigo.(Cuadro 5)

Los tratamientos empleados fueron:

1. Dieta testigo
2. Dieta testigo con 2.5 kg de alga *Spirulina maxima* por tonelada
3. Dieta testigo con 5.0 kg de alga *Spirulina maxima* por tonelada
4. Dieta testigo con 10.0 kg de alga *Spirulina maxima* por tonelada
5. Dieta testigo con 20.0 kg de alga *Ascophyllum nodosum* por tonelada
6. Dieta testigo con 40.0 kg de alga *Ascophyllum nodosum* por tonelada

Se utilizó una caseta de ambiente natural provista de jaulas tipo americano de alambre galvanizado con medidas de 90cm x 60cm x 40cm con distribución tipo "Flat-deck" equipadas con un comedero interno tipo tolva de acero inoxidable con capacidad de 1 kg y bebederos automáticos de pivote.⁽⁴⁴⁾ Posterior al destete, se les dió un periodo de adaptación de 4 días y después se proporcionó *ad libitum* el alimento en forma de pellet de 4.5 mm de diámetro y 6-7 mm de longitud.

El periodo de engorda fue de 35 días y las variables que se midieron en vivo fueron consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia. Al finalizar el experimento se evaluó el rendimiento en canal, para esto se seleccionó al 33% de la población por tratamiento, que se dejaron en ayuno por 24 horas previo al sacrificio para reducir el contenido del aparato digestivo entre un 70-80%.⁽²¹⁾ Se pesaron previo al sacrificio para posteriormente ser sacrificados con el método de dislocación cervical manual inmediatamente después se realizó la exsanguinación, desollado y eviscerado del animal.^(44,58) Posteriormente la canal se pesó y se obtuvo un rendimiento de la canal con las presentaciones comúnmente usadas para la carne de conejo que incluyen: 1) canal con riñones, hígado, corazón y cabeza sin extremidades distales (manos y patas); 2) canal sin cabeza y sin extremidades distales (manos y patas) con órganos comestibles como riñones, hígado y corazón y 3) canal completamente eviscerada sin cabeza y sin extremidades distales (manos y patas).⁽⁵⁸⁾ Aunado a esto se obtuvo el rendimiento peletero pesando la piel con cola, manos y patas. El rendimiento para las distintas presentaciones de la canal y peletero, se obtuvo dividiendo el peso de la canal entre el peso final y multiplicando el resultado por 100.

Diseño experimental

Los resultados obtenidos de las variables estudiadas se evaluaron conforme a un diseño completamente al azar:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + E_{i(j)} \text{ donde: } i = 1,2,3,4,5 \text{ y } 6 \quad J = 1,2,3,4,5,6 \text{ y } 7$$

Y_{ij} = variable de respuesta

μ = media general

τ_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

$E_{i(j)}$ = error experimental.

El análisis estadístico se realizó con un análisis de varianza conforme al diseño experimental empleado y las diferencias entre las medias fueron evaluadas con la prueba de Tukey, utilizando el paquete de diseños experimentales de la facultad de Agronomía de la Universidad de Nuevo León, Versión 2.5.⁽⁴⁹⁾ La significancia estadística se consideró como $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos al finalizar el experimento de los parámetros productivos consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia y rendimiento en canal con distintas presentaciones con la inclusión de distintos niveles de *Spirulina maxima* (0.25, 0.5 y 1.0%) y *Ascophyllum nodosum* (2.0 y 4.0%) en la dieta se pueden observar en los Cuadros 6, 7 y 8

Ganancia de peso

En relación a este parámetro, no se observó diferencia estadística significativa entre los tratamientos ($P>0.05$) como se observa en el Cuadro 6; siendo similares los tratamientos en los que se incluyó *Spirulina máxima* y *Ascophyllum nodosum* en comparación al testigo; es decir que no existió un efecto promotor del crecimiento.

Uno de los factores a considerar en la ganancia de peso es la calidad nutricional de las dietas es así que para obtener el máximo crecimiento en conejos en engorda Lebas⁽⁴⁰⁾ recomienda un mínimo de 2500 kal ED/kg con 16% PC y FC 14% en condiciones semiintensivas por otro lado Maertens⁽⁴³⁾ recomienda en producciones intensivas un mínimo de 2400 kal ED/kg con 15.5% PC y FC >14.5%, en el cuadro 5 se observa que todas las dietas cumplían los requerimientos de energía y fibra, no así los de proteína en los que se observó una ligera diferencia entre las dietas; sin embargo se debe recordar que el conejo propiamente no tiene requerimientos específicos de proteínas sino de ciertos aminoácidos esenciales y una ligera deficiencia de estos se puede cubrir gracias a la cecotrofia^(16,29,40) aunado a esto ambas algas poseen un alto contenido de aminoácidos

como se observa en el Cuadro 2; por lo que esta ligera variación entre tratamientos no afectó de manera significativa la ganancia de peso.

Resultados similares a los obtenidos en el presente experimento fueron reportados por Sreemannarayana *et al.*⁽⁶²⁾ al reemplazar el concentrado comercial por *Ulva Fasciata* en niveles 5, 10 y 15% en la ración para conejos en engorda, así mismo resultados ligeramente inferiores fueron recopilados por Martínez⁽⁴⁴⁾ (1320g) resultados superiores los presenta la Guía comercial de Cunicultura esto se puede deber a la selección de líneas genética altamente especializadas (1533 g)⁽³⁰⁾.

Otro factor a considerar en la ganancia de peso durante la engorda, es el peso al destete; de acuerdo con Rodríguez *et al.* citado por De Blas⁽²¹⁾; cuando mayor es el peso de los gazapos al destete la velocidad de crecimiento se incrementa; es así que por cada 100 g de incremento del peso al destete, la velocidad de crecimiento media en conjunto durante el periodo de engorda aumenta en 1.4 g /día.

Consumo de alimento

En el Cuadro 6, se muestran los resultados promedio del consumo de alimento y se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

El conejo es un animal que regula la ingesta de alimentos en base al contenido de energía, es así que con una dieta balanceada un conejo en engorda consumirá 150-175 g/día⁽¹⁶⁾; si la dieta tiene un bajo contenido de energía se reflejara en un mayor consumo de alimento; comparando el contenido energético de las dietas (Cuadro 5) con lo mencionado por Lebas y Maertens^(40,43); se determinó que todas las dietas contenían en promedio de 30 a 80 kcal ED arriba de lo recomendado por lo que el consumo no se vio afectado por esta causa como se observa numéricamente en el Cuadro 6.

Un factor a considerar es el peso al destete ya que Rodríguez *et al* citado por De Blas⁽²¹⁾ ha estimado que por cada 100 g de incremento en el peso al destete el consumo de alimento en el periodo de engorda aumenta en 3.3 g/ día.

Al comparar los resultados obtenidos con lo reportado por Martínez⁽⁴⁴⁾ y la Guía comercial de Cunicultura⁽³⁰⁾ ambos presentan niveles superiores (4880 g y 5054 g) respectivamente pero se debe recordar que el consumo del alimento depende del animal, del alimento suministrado y las condiciones ambientales existentes. Asimismo Sreemannarayana *et al*⁽⁶²⁾ demostró que al reemplazar el concentrado comercial por *Ulva Fasciata* en niveles 5, 10 y 15% en la ración para conejos en engorda no se observó diferencia estadística significativa

Conversión alimenticia

En base a los resultados obtenidos se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos empleados; como se observa en el Cuadro 6; estos datos coinciden con lo demostrado por Sreemannarayana *et al*⁽⁶²⁾ quien reemplazo el concentrado comercial por *Ulva Fasciata* en niveles 5, 10 y 15% en la ración de conejos en engorda no observó diferencia estadística significativa; asimismo estos son superiores a los presentados en la Guía comercial de Cunicultura (3.10)⁽³⁰⁾ e inferiores a los recopilados por Martínez⁽⁴⁴⁾ (3.80) esta diferencia se puede deber a la diversidad en las líneas genéticas del conejo Nueva Zelanda Blanco.

Rendimiento en canal

El rendimiento en canal varía de acuerdo a la presentación en el mercado existiendo básicamente 4: 1) canal entera con cabeza, hígado, riñones y corazón, 2) canal con hígado,

riñones y corazón, 3) canal completamente eviscerada y 4) canal troceada en cortes selectos; es así que el rendimiento varía entre el 47-60%.⁽⁶⁰⁾

Otro aspecto a considerarse es el contenido energético, proteico y de fibra en la dieta ya que niveles superiores o inferiores a los recomendados implican un desbalance en la ración y como consecuencia un mayor o menor tiempo de retención del alimento en el tracto gastrointestinal; es así que para evitar discrepancia en el rendimiento en la canal se recomienda un ayuno de 18 a 24 horas para disminuir el contenido del aparato además de facilitar el manejo de las viseras evitando la posibilidad de contaminación de la canal.⁽²¹⁾

En el Cuadro 7 se puede observar que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos; pero que el rendimiento varía de acuerdo a los distintos elementos que conforman la canal; es así que los mayores rendimientos los presentó la canal con cabeza, hígado, corazón y riñones; estos datos coinciden con lo mencionado por Suryanarayana KV⁽⁶⁴⁾ quien reemplazó 5, 10 y 15 % del concentrado por *Ulva fasciata* en dietas de engorda para conejos encontrando rendimientos 51.05 a 47.25% sin encontrar diferencias significativas entre tratamientos.

Potencial peletero

Además de la carne existen otros productos aprovechables en el proceso de sacrificio del conejo sin la necesidad de instalaciones adicionales como son principalmente la piel, cola, manos y patas con los que se pueden elaborar diversas artesanías y generar un ingreso extra al productor asimismo aunque en menor grado pueden ser aprovechables las vísceras o la sangre.⁽⁶⁰⁾

En los Cuadros 8 y 9 se puede observar el porcentaje de utilización de un conejo en los dos productos más aprovechables que son la carne y piel en los que no existió diferencia

estadísticamente significativa entre los tratamientos; estos datos concuerdan con lo reportados por Silerio quien obtuvo un rendimiento peletero de 12.85-16.42 % en relación al peso vivo.⁽⁶⁰⁾

Un aspecto a considerar en futuras investigaciones en alimentación de conejos con algas como aditivo promotores del crecimiento es la presentación de diarreas ya que en la presente investigación estas se presentaron entre la primera a la tercera semana a partir del destete en los tratamientos donde se realizó la inclusión de algas (Cuadro 10); esto se puede deber a que las algas *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* contienen una gran cantidad de sal por lo que ocasionaron diarreas mecánicas intermitentes debido al aumento en la motilidad peristáltica sin que estas lleguen a afectar los parámetros productivos.

Otro aspecto a investigar en un futuro en relación a la alimentación de conejos en engorda con la inclusión de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* en la dieta como promotor del crecimiento es la evaluación de la canal específicamente la calidad nutricional y vida media en refrigeración ya que al parecer la mayor parte de ácidos grasos de la dieta no son modificados durante la digestión y se incorporan en los depósitos de grasas casi sin cambios; como se ha demostrado con un enriquecimiento de la dieta con aceite de soya, girasol o colza que permite la producción de carne de conejo con un grado mas alto de instauración, especialmente C 18:2 y C 18:3.^(42,43)

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales empleadas se puede concluir que la inclusión de *Spirulina maxima* al 0.25%, 0.5 % y 1% y *Ascophyllum nodosum* al 2% y 4% como promotor del crecimiento en sustitución al salvado de trigo en dietas prácticas de conejos durante el periodo de engorda no presentó diferencia estadísticamente significativa sobre la ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y el rendimiento en canal por lo que no existió un efecto de promoción del crecimiento.

LITERATURA CITADA

1. Acoul-Elas, Abdel-Rahman GA, Alif A, Khamis HS and Abd-Galil HKH. 1996. Practical recommendations on minimum and maximum fiber levels in rabbits diets. Memorias del 6th World rabbit congress;1996 julio 9-12; Tolouse (France):World Rabbit Science Association,1996: 67-72
2. Aguilar RR, Espinoza AJ, Aguilar RL. Uso de las algas marinas en México. Ciencia y Desarrollo 1998; 24: 65-73
3. Algas alimenticias.[EDITORIAL] Información científica y tecnológica (ICYT) 1982; 4:20-23
4. Allen VG, Pond KR, Saker KE, Fontenot JP, Bagley CP, Ivy RL, et al. Tasco: Influence of a brown seaweed on antioxidants in forage and livestock- A review. Journal Animal Science 2001; 79(E. Supplement): E21-E31.
5. Anónimo. *Ascophyllum nodosum*, a commercially important seaweed Available from: URL: http://www.freakinfucus.co.uk/feat/asco/asco_1.htm
6. Belay A, Kato T, Ota Y. *Spirulina (Arthrospira)*: potential application as an animal feed supplement . Journal of Applied Phycology 1996; 8 :303-311
7. Buxade C. Zootecnia Bases de producción animal; producciones cunícola y avícolas alternativas, 1ra ed. España, Mundi-prensa, 1996
8. Cañizales VRO. Alga *Spirulina*, potencial y perspectiva. Tecnología de alimentos 1995; 30: 5-8
9. Cañizales VRO. Biotecnología microalgal. Avances y Perspectivas 2002;21: 301-306

10. Cañizales VRO. Tratamiento terciario de aguas residuales utilizando microalgas. Tópicos selectos sobre microalgas. Serie Científica, UABCS 1994; No Especial 2(1):35-50
11. Carrizo MJ. Utilización de la fibra en alimentos para cunicultura. Cunicultura 2002;27: 255-260
12. Castello O. Acuicultura marina: Fundamentos biológicos y tecnología de la producción, 1ra ed, España. Universidad de Barcelona, 1993
13. Castro GMA, Madrigal ALV, Castillo CD. Las algas marinas en la alimentación humana y animal. Cuadernos de nutrición 1992; 15: 17-32
14. Chamorro G, Salazar M. Estudio teratogenico de *Spirulina* en ratón. Archivos latinoamericanos de nutrición 1990; 40(1): 86-94
15. Chamorro G, Salazar S, Favila CL, Steele CH, Sañazar M. Reproductive and peri- and postnatal evaluation of *Spirulina maxima* in mice. Journal of Applied Phycology 1997; 9 :107-112
16. Cheeke PR. Alimentación y nutrición del conejo. 1ra ed. Zaragoza: Acribia, 1995
17. Colin M. La cuniculture Nord Americaine II- Le Mexique World Rabbit Science 1994, 2(1):7-14.
18. Costa BP. La alimentación y la patología digestiva del conejo. Cunicultura 1992;17: 205-217
19. Cruz-Suárez LE, Rique-Marie D, Tapia-Salazar M, Guajardo-Barbosa C. Uso de la harina kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. Memorias del V Symposium Internacional de Nutrición Acuícola; 2000 Noviembre 19-22; Mérida (Yucatán) México, Programa de Maricultura, Universidad Autónoma de Nuevo León 1995: 227-266.

20. Dawes CJ. Botánica marina 1ra ed. México: Limusa, 1986
21. De Blas BC. Alimentación del conejo. 2nd ed. Madrid: Mundi-prensa, 1989
22. De Blas C, Wiseman J. The Nutrition of The rabbit. 1ra ed. New York: CABI Publishing, 1998
23. Dessimoni CR. Nutricao de coelhos (Rabbit feeding). Zootecnia 1983;21(1):19-35
24. Freile PY. Algas en la alacena . Avances y Perspectivas 1998;17: 339-346
25. Freile PY. Algas en la botica. Avances y Perspectivas 2001;20: 283-292
26. García E. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köpen. 4ta ed. México: SIGSA.1987
27. German Ch, Salazar JM. Toxicología de la *Spirulina*. Tecnología de alimentos 1995; 30: 13-14
28. Gomez LC. Ficobilisomas.- Antena Pigmentada de *Spirulina* máxima. Tecnología de alimentos 1995; 30:15-17
29. González MG, Piquer VJ. Diseño de programas alimenticios para conejos: aspectos teóricos y formulación practica. Cunicultura 1996; 21:27-42
30. Guía comercial de Cunicultura. Real Escuela de Avicultura. Sección técnica,. España (Barcelona): REA, 2004
31. Guiry MD, Blunden G. Seaweed resources in Europe. Uses and potential. England: John Wiley & Sons,1991
32. Henrikson R. Microalga *Spirulina*: superalimento del futuro: Una notable alga azul que puede transformar su salud y nuestro planeta. 1ra ed. Barcelona: Urano, 1994
33. Hernández P, Calidad nutricional de la carne de conejo. Extracto del Taller "Valor nutritivo de la carne de conejo" presentado en las VIII Jornadas de Nutrición

- Aplicada; 2004 Abril 27-28; Valencia (Madrid) España. (Valencia) España: Intercun, Boletín Informativo de Cunicultura, 2004:4-5
34. Hu Q. Industrial Production Microalgal Cell-mass and Secondary Products- Major Industrial Species *Arthrospira (Spirulina) platensis* In: Richmond A, Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology 1ra ed. USA: Blackwell Science,2004: 264-272
 35. Jassby A. Spirulina: a model for microalgae as human food In: Lemby CA, Waaland JR. Algae and Human Affairs 1ra ed. USA: Syndicate of University of Cambridge, 1988: 149-179
 36. Juarez OMA. Efecto de la *Spirulina* en el Hígado Graso. Tecnología de alimentos 1995; 30: 9-11
 37. Lacaz RR, Do Nascimento ME. Producao de biomasa de *Spirulina maxima* para alimentacao humana e animal. Revista de microbiologia 1990; 21(1): 85-97
 38. Lebas, F. Alimentación practica de los conejos de engorde (II). Cunicultura 1992;17:161-166
 39. Lebas F, Colin M. Producción y consumo de carne de conejo en el mundo. Cunicultura 2001;26: 7-13
 40. Lebas F, Coudert P, Rochambeau H de, Thébault RG. EL CONEJO Cría y patología, 1ra ed. Italia: FAO,1996
 41. Li L. La prodigiosa *Spirulina*. Técnica pesquera 1986;19:21-24
 42. Maertens L. Grasas en la Nutrición de conejos. Memorias del primer Congreso de Cunicultura de las Américas. Curso avanzado de cunicultura; 1998 septiembre 7-9; Montecillo México . México (Edo de México): Colegio de Postgraduados, Instituto de recursos genéticos y productividad.1995: N1-N16

43. Maertens L. Nutrición cunícola: Necesidades y estrategias de alimentación. Memorias del primer Congreso de Cunicultura de las Americas; 1998 septiembre 10-11; Montecillo México . México (Edo. de México): Colegio de Postgraduados, Instituto de recursos genéticos y productividad.1995
44. Martínez CMA. Cunicultura. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- Universidad Nacional Autónoma de México, 2004
45. Mei LD, Zao QY. *Spirulina* industry in China: Present status and future prospects. *Journal of Applied Phycology* 1997; 9 :25-28
46. Meza AML. Impacto sobre la calidad del huevo al incluir algas marinas en raciones para gallinas ponedoras (tesis maestría). México, DF. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. 1998
47. Miranda MS, Cintra RG, Barros SBM, Mancini- Filho J. Antioxidant activity of the microalga *Spirulina maxima*. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research* 1998;8: 1075-1079
48. Muñoz CA. Drogas del mar: Sustancias biomédicas de algas marinas. 1ra ed. Santiago de Compostela. Imprenta universitaria, 1992.
49. Olivares SE. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL (programa computacional) Versión 2.5 Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín NL. 1994
50. Paniagua MJ. Biotecnología Microalgal y obtención de productos químicos y alimenticios. Tópicos selectos sobre microalgas. Serie Científica, UABCS 1994; No Especial 2(1):109-119
51. Richmond A. *Spirulina*. In: Borowitzka MA, Borowitzka LJ, *Micro-algal biotechnology* 1ra ed ; USA: Cambridge University press,1988: 85-121

52. Roca CT. Evaluación de la granja proyectada. Memorias de III Ciclo de conferencias en cunicultura empresarial Desarrollo Integral de una explotación Cunicola de Producción Cárnica. 400 vientos; 2004 abril 14-16; México. México (Chapingo): Universidad Autónoma Chapingo, 2004
53. Roselle PJM. Enfermedades del conejo Tomo I Generalidades, 1ra ed, España: Editores Mundi-Prensa,2000
54. Saker KE, Fike JH, Veit H Ward DL. Brown seaweed- (Tasco™) treated conserved forage enhances antioxidant status and immune function in heat-stressed wether lambs. *Journal Animal Physiology and Animal Nutrition* 2004; 88,122-130
55. Salcedo ON, Ortega MM, Marin GME Zavala MC. Estudio de las algas comestibles del Valle de México II Análisis químico comparativo. *Revista latinoamericana de microbiología* 1978; 20(4): 211-217
56. Sánchez M, Bernal CJ, Roza C, Rodríguez I, *Spirulina (Arthrospira):an edible microorganism a review*. *Universitas Scientiarum* 2003; 8(1): Sin número de pagina
57. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Serie historico- estadístico de la producción pecuaria 1972-1988. México (DF):SARH,1988
58. Secretaria de Educación Publica. Conejos, Manual para educación agropecuaria. 2nd ed., 9na reimpresión. México: Trillas, 2003
59. Sharp Glyn. *Ascophyllum nodosum* and its harvesting in Eastern Canada In: Doty MS, Caddy JF, Santelices B, *Case Studies of Seven Commercial Seaweed Resources*, Italia (Roma): FAO, 1987
60. Silerio RD. Evaluación y aprovechamiento de los subproductos (vísceras, sangre y cabeza) del conejo (*Oryctogagus cuniculus L*) (tesis licenciatura) Chapingo (Edo de México) México: Universidad Autónoma de Chapingo,2002

61. Sosa HE. Las algas marinas como fertilizantes del suelo. *Mar y Pesca* 1981; (187) 32-37
62. Sreemannarayana O, Suryanarayana RKV, Ramaraju GVANS, Rama PJ. The use of *Ulva fasciata*, a marine alga as rabbit feed: growth and conversion efficiency. *Indian Veterinary Journal* 1995; 72:989-991
63. Stengel D, Hill J, White N, Knotted wrack *Ascophyllum nodosum* MARLIN (The Marine Life Information Network for Britain and Ireland) Available from : URL: <http://www.marlin.ac.uk/species/Ascophyllumnodosum.htm>
64. Suryanarayana RKV, Sreemannarayana O Feeding of *Ulva fasciata* to rabbit feed efficiency and carcass . *Indian Veterinary Journal* 1995; 72:1331-1332
65. Sze P. *Biology of the algae*. 3ra ed. USA: WCB McGraw-Hill ,1998.
66. Torres DPV. Estudios In Vitro sobre el efecto hepatoprotector de la *Spirulina maxima* (tesis Doctorado en Ciencias Químicas). México, DF. México: Facultad de Química. UNAM. 2002
67. Valadez AR. Religión y domesticación animal en Mesoamérica. *Veterinaria México* 1994;25:303-308
68. Whittemore CT, Percival KJ. A Seaweed Residue unsuitable as a Major Source of Energy or Nitrogen for Growing Pigs. *Journal Science Food Agriculture* 1975; 26: 215-217

CUADROS

Cuadro 1 Composición de las algas *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*^{4,31,66}

Elemento	<i>Spirulina máxima</i> <i>Ascophyllum nodosum</i>	
	%	%
Proteínas	55-64	6
Lípidos	5	2-4
Carbohidratos	17-18	45-60
Fibra cruda	0.2-1.2	8
Ácidos nucleicos	4.5-5	NP
Cenizas	6.6-11	17-20
Humedad	4.2-7	12
Taninos	0	2-10

NP: No presentado

Cuadro 2 Composición de aminoácidos de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* en base seca^{4,32,66}

Nutriente (%)	<i>Spirulina</i>	<i>Ascophyllum</i>	Nutriente(%)	<i>Spirulina</i>	<i>Ascophyllum</i>
	<i>maxima</i>	<i>nodosum</i>		<i>maxima</i>	<i>nodosum</i>
Aminoácidos esenciales					
Isoleucina	5.6	2.8	Fenilalanina	4.5	2.3
Leucina	8.7	4.6	Treonina	5.2	2.8
Lisina	4.7	4.9	Triptofano	1.5	NP
Metionina	2.3	0.7	Valina	6.5	3.7
Aminoácidos no esenciales					
Alanina	7.6	5.3	Histidina	1.6	1.3
Arginina	6.9	8	Prolina	4.3	2.6
Cistina	1	Traza	Serina	5.2	3
Glicina	5.2	5	Tirosina	4.8	0.9
Ácido glutámico	14.6	10	Ácido aspártico	9.8	6.9

NP: No presentado

Cuadro 3 Contenido de vitaminas en *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*^{4, 31,32,66}

	<i>Spirulina maxima</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Vitaminas	mg/ 100 g	ppm
Vitamina A (beta caroteno)	230,000 UI	35-80
B1 (tiamina)	5.5	01 - 5
B2 (riboflavina)	4	5 - 10
niacina	14.6	10-30
Ac nicotínico	11.8	NP
B6 (piridoxina)	0.3	NP
B12 (cianocobalamina)	0.2	0.0008-0.0003
C	NP	550-1650
D	NP	NP
E	19	260-450
Ac. folico	0.048	0.1- 0.5
Ac. pantotenico	1.1	NP
biotina	0.04	0.1-0.4
inositol	35	NP
K	NP	10
colina	NP	3.1- 4.4 %

NP: No presentado

Cuadro 4 Contenido mineral de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum*^{4, 31,32,59,66}

	<i>Spirulina maxima</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>		<i>Spirulina maxima</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
Macromineral	mg/ 100 g	%	Traza	mg/ 100 g	ppm
Calcio	NP	1- 3	Zinc	3.3	70-240
Fósforo	828	0.1- 0.15	Cobre	NP	4-35
Magnesio	116.3	0.5- 0.9	Molibteno	NP	1- 2
Cloro	420	3 - 4	Yodo	NP	700-1200
Sodio	34.4	2 - 4	Cobalto	NP	0.4- 0.7
Potasio	1,435	2-3	Selenio	NP	0.06- 0.09
Traza		ppm	Fluor	NP	25.5
Hierro	53	150-1000	Bario	NP	15-50
Arsénico	NP	22-44	Níquel	NP	2-5
Antimonio	NP	0.19- 0.53	Vanadium	NP	1.5- 3
Manganeso	2.2	10-15	Selenio	0.4 ppm	NP
Cromo	0.28	NP			

NP: No presentado

Cuadro 5 Composición y análisis calculado de las dietas con la inclusión a distintos niveles de *Spirulina máxima* y *Aschopyllum nodosum* expresadas en %

Ingrediente	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	<i>Spirulina</i> 0%	0.25%	<i>maxima</i> 0.50%	1%	<i>Aschopyllum</i> 2%	<i>nodosum</i> 4%
Sorgo	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5
Salvado de trigo	20.0	19.75	19.5	19.0	18.0	16.0
<i>Spirulina maxima</i>	0	0.25	0.5	1.0	0.0	0.0
<i>Aschopyllum nodosum</i>	0	0	0	0	2.0	4.0
Alfalfa	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Pasta de girasol	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Cascarilla de soya	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Arroz pulido	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Aceite de soya	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Fosfato de Calcio	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Secuestrante	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sal común	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Premezcla de minerales	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Saborizante	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Coccidiostato	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Premezcla de vitaminas	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
DL_metionina	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
Colina (60%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
L-Lisina	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Análisis calculado:						
Energía digestible kcal/kg	2567	2570	2573	2578	2549	2531
Proteína cruda (%)	14.8	14.9	15.0	15.3	14.7	14.5
Fibra (%)	14.9	14.9	14.9	14.8	14.9	14.8
FAD (%)	18.7	18.6	18.6	18.5	18.4	19.2
FDN (%)	30.9	30.8	30.7	30.5	30.5	30.2
Lisina (%)	0.63	0.63	0.64	0.65	0.62	0.60
Met + Cistina (%)	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.61
Arginina (%)	0.98	0.97	0.97	0.97	0.96	0.94
Calcio total (%)	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
Sodio (%)	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
Fósforo (%)	0.83	0.83	0.83	0.82	0.81	0.79

Cuadro 6 Efecto de la inclusión de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* a distintos niveles sobre los parámetros productivos de conejos Nueva Zelanda Blanco en la etapa de engorda

Tratamientos	Peso inicial g	Peso final g	Ganancia de peso g	Consumo de alimento g	Conversión alimentaria kg : kg
1 (Control)	784	2224	1440	4464	3.103
2 (0.25% <i>Spirulina maxima</i>)	777	2153	1376	4447	3.234
3 (0.50 % <i>Spirulina maxima</i>)	795	2230	1435	4733	3.305
4 (1 % <i>Spirulina maxima</i>)	803	2171	1368	4603	3.370
5 (2 % <i>Ascophyllum nodosum</i>)	801	2171	1370	4488	3.283
6 (4 % <i>Ascophyllum nodosum</i>)	771	2131	1360	4447	3.274
EEM	8.1	17.6	15.6	57.6	0.003

No se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos (P>0.05)

Cuadro 7 Rendimiento en canal con distintas presentaciones con la inclusión de *Spirulina máxima* y *Ascophyllum nodosum* en la dieta en animales sacrificados a los 70 días de edad expresado en %

Tratamientos	Rendimiento canal ¹	Rendimiento canal ²	Rendimiento canal ³
1 (Control)	58.75	53.64	50.11
2 (0.25% <i>Spirulina maxima</i>)	58.42	53.15	49.36
3 (0.50 % <i>Spirulina maxima</i>)	59.21	53.98	50.30
4 (1 % <i>Spirulina maxima</i>)	58.74	53.66	49.84
5 (2 % <i>Ascophyllum nodosum</i>)	58.59	53.34	49.69
6 (4 % <i>Ascophyllum nodosum</i>)	57.51	52.21	48.57
EEM	0.22	0.23	0.23

1 Canal con cabeza, hígado, corazón y riñones

2 Canal con corazón, hígado y riñones

3 Canal completamente eviscerada

No se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos (P>0.05)

Cuadro 8 Porcentaje de utilización de un conejo Nueva Zelanda Blanco de 70 días de edad con la inclusión de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* en la dieta

Tratamientos	Rendimiento	Rendimiento	Total	Desecho ³
	comestible ¹	peletero ²		
1 (Control)	53.64	16.37	70.01	29.99
2 (0.25% <i>Spirulina maxima</i>)	53.15	16.10	69.25	30.75
3 (0.50 % <i>Spirulina maxima</i>)	53.98	15.59	69.57	30.43
4 (1 % <i>Spirulina maxima</i>)	53.66	15.66	69.32	30.68
5 (2 % <i>Ascophyllum nodosum</i>)	53.34	15.01	68.35	31.65
6 (4 % <i>Ascophyllum nodosum</i>)	52.21	15.75	67.96	32.04
EEM	0.23	0.01	0.22	0.23

1 Se considera como rendimiento comestible a la canal, riñones, hígado y corazón

2 Rendimiento peletero incluye piel del cuerpo, manos y patas

3 Desecho corresponde a cabeza con piel y orejas, vísceras verdes y pulmones

No se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P>0.05$)

Cuadro 9 Evaluación alométrica de los rendimientos carnicos en conejos Nueva Zelanda Blanco sacrificados a los 70 días de edad con la inclusión de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* en la dieta expresado en %

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Silerio ⁶⁰
	<i>Spirulina maxima</i>			<i>Ascophyllum nodosum</i>			
	0%	0.25	0.50	1%	2%	4%	
Canal	50.11	49.36	50.30	49.84	49.69	48.57	47.83-54.09
Visceras comestibles							
Hígado	2.47	2.49	2.47	2.70	2.44	2.56	2.54-4.08
Corazón	0.38	0.48	0.45	0.39	0.47	0.41	0.22-0.30
Riñones	0.68	0.81	0.75	0.73	0.74	0.67	**
Total	3.53	3.79	3.68	3.82	3.65	3.64	
Partes y vísceras no comestibles y que no forman parte de la canal							
Pulmones	0.81	0.85	0.78	0.82	0.72	0.73	0.62-0.80
Sangre	4.77	4.69	4.13	4.73	5.07	4.47	1.98-2.85
Cabeza	5.48	5.75	5.68	5.47	5.72	5.71	4.37-5.30
Orejas	1.66	1.54	1.52	1.51	1.50	1.43	3.04-3.51
Piel cabeza	1.65	1.50	1.58	1.60	1.70	1.61	
Visceras abdominales	15.61	16.41	16.75	16.55	16.94	18.09	16.98-23.38
Total	29.99	30.75	30.43	30.68	31.65	32.04	
Órganos que no forman parte de la canal							
Manos	0.91	0.89	0.84	0.90	0.88	0.88	0.79-1.03
Patatas	2.29	2.36	2.31	2.42	2.29	2.48	2.11-2.8
Piel con cola	13.17	12.86	12.44	12.33	11.83	12.38	9.95- 12.59
Total	16.37	16.10	15.59	15.66	15.01	15.75	12.85-16.42
Total	100	100	100	100	100	100	

**Considerado dentro de la canal

Cuadro 10 Incidencia, prevalencia y mortalidad por diarrea en conejos Nueva Zelanda Blanco durante la etapa de engorda con la inclusión de *Spirulina maxima* y *Ascophyllum nodosum* en la dieta

Tratamientos	Incidencia (%)	Prevalencia (%)	Mortalidad por diarreas(%)	Mortalidad general (%)
Control	0	0	0	0
0.25% <i>Spirulina maxima</i>	23.57	6.94	4.71	4.71
0.50% <i>Spirulina maxima</i>	23.71	9.80	0	4.71
1.0% <i>Spirulina maxima</i>	14.14	3.27	4.71	4.71
2.0% <i>Ascophyllum nodosum</i>	28.29	4.90	14.14	14.14
4.0% <i>Ascophyllum nodosum</i>	18.86	3.27	0	4.71

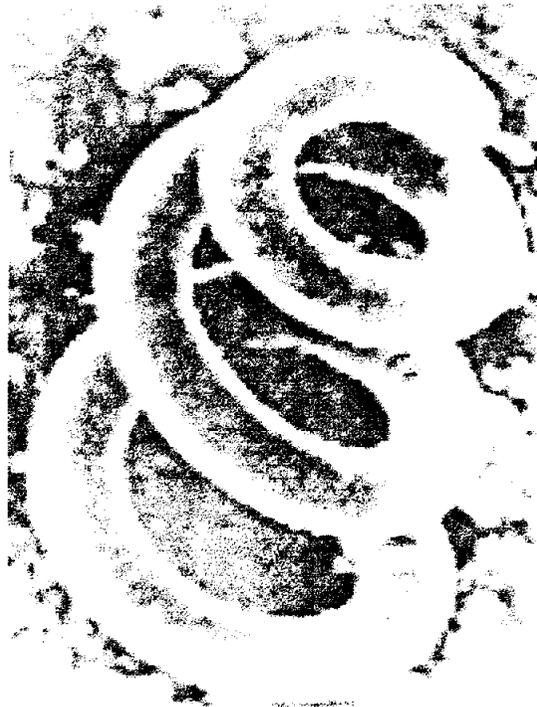


Figura 2 Microscopia electrónica de barrido 200 nm de *Spirulina maxima*



Figura 3 Esquema de *Ascophyllum nodosum*