



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
División de Estudios de Posgrado e Investigación

**APROVECHAMIENTO DE LA LANGOSTILLA *Pleurocodes*
planipes Stimpson COMO FUENTE DE PROTEÍNA Y
PIGMENTO EN POLLOS DE ENGORDA Y GALLINAS EN
PRODUCCIÓN**

T E S I S

Que para obtener el Grado de:

MAESTRO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

P R E S E N T A

Silvia Carrillo Domínguez

Asesores: MVZ. Ph.D. Fernando Pérez-Gil Romo
MVZ, M.Sc. Ernesto Avila González

MEXICO, D.F.

1993

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. REVISION DE LA LITERATURA	5
III. JUSTIFICACION.....	28
IV. OBJETIVOS	29
V. HIPOTESIS	30
VI. MATERIALES Y METODOS	31
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	47
VIII. CONCLUSIONES	76
IX. RECOMENDACIONES	78
X. LITERATURA CITADA	79
ANEXOS	
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	

RESUMEN

CARRILLO DOMINGUEZ SILVIA. Aprovechamiento de la langostilla Pleuroncodes planipes Stimpson como fuente de proteína y pigmento en pollos de engorda y gallinas en producción (Bajo la dirección de Fernando Pérez-Gil Romo y Ernesto Avila González).

México es un país que cuenta con abundantes recursos marinos que hasta la fecha no han sido aprovechados, tal es el caso de la langostilla Pleuroncodes planipes que forma parte de la fauna de acompañamiento del atún y camarón en Baja California Sur. Este crustáceo se caracteriza por su abundancia y por su contenido de proteína y pigmento rojo astaxantina. Los objetivos de este trabajo fueron 1) conocer la composición química de langostilla procesada en una planta reductora de harina de pescado 2) evaluar su calidad proteica y poder pigmentante al ser incorporada en raciones para pollos de engorda y gallinas ponedoras 3) determinar si su inclusión en las dietas influye en el sabor de los productos avícolas. La langostilla se capturó en la costa occidental de B.C.S., a bordo del B/O "EL PUMA" y se procesó en una planta reductora de harina de pescado. Se realizaron análisis químicos a la harina de langostilla y se formularon las raciones para los dos experimentos. Para el **Experimento 1** se emplearon 120 pollos Indian Rivers distribuidos al azar en 4 tratamientos con 3 repeticiones de 10 aves cada una. Los tratamientos consistieron en la inclusión de langostilla en niveles de 0, 3, 6 y 9% a dietas sorgo-soya, sustituyendo parcialmente a la soya y adicionando 60ppm de xantofilas amarillas. El estudio duró 7 semanas y se evaluaron: consumo de alimento (CDA), ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CA); color en los tarsos (PT) y en la piel de la pechuga (PPP) con el colorímetro de reflectancia (CR); preferencia por el color de los tarsos y por el sabor de la carne mediante prueba de evaluación sensorial (EVS). Para el **Experimento 2** se utilizaron 120 gallinas Leghorn distribuidas al azar de igual manera que en el exp.1. Se usaron los mismos niveles de inclusión de langostilla (0,3,6 y 9%) en los tratamientos, pero con 15 ppm de xantofilas amarillas. El estudio duró 6 semanas y se evaluaron: CDA, peso del huevo (PH), porcentaje de postura (PP), CA, color de la yema de huevo con el Abanico Roche (AB) y el CR; EVS del color de la yema y sabor del huevo. El análisis químico de la harina de langostilla mostró un contenido en humedad de 5.49%, cenizas 29.46%, extracto etéreo 16.11%, proteína cruda 35.11%, carbohidratos 13.83%, proteína verdadera 26.98%, quitina 8.92%, Ca 9.97%, P 1.41%, Na 1.48%, K 7.04%, Mg 12.13%, Cu 0.03%, Zn 0.03%, astaxantina 120 ppm, energía metabolizable 3.141 kcal/g, digestibilidad de la proteína 71.36% y de los aminoácidos 83% en promedio. En el **Exp.1** no existieron diferencias estadísticas ($P > .05$) en los parámetros productivos (CDA, GP y CA) ni en el enrojecimiento de la piel medido con el AB, entre los 4

tratamientos. En los tarsos, la diferencia en enrojecimiento (CR) estuvo ($P < .05$) entre los tratamientos con 3 y 9% (+3.40 y +6.76). En la EVS del sabor de la carne, los tratamientos con 6 y 9% obtuvieron las mejores calificaciones. En el **Exp. 2** no se hallaron diferencias estadísticas ($P > .05$) en los parámetros productivos (CDA, PH, PP, CA) entre los 4 tratamientos. En la medición del color con el AB se obtuvieron valores de 7.3, 12.8, 14.1 y 14.0 no encontrándose diferencia entre los tratamientos con 6 y 9%, hubo un comportamiento similar al medir el enrojecimiento con el CR (-6.40, +3.73, +7.43 y +7.23). En la EVS del color de la yema, los 3 tratamientos experimentales fueron los que mayor puntaje obtuvieron, no detectándose diferencia estadística entre ellos ($P < .05$). Para el sabor no hubo diferencia entre los 4 tratamientos. La langostilla resultó ser un recurso marino potencial con buen contenido y calidad de proteína y astaxantina, sugiriéndose incluir en las raciones un máximo de 6% para obtener un color amarillo-naranja en la yema de huevo, ya que niveles mayores no aumentan la pigmentación de la misma y en el caso de los pollos de engorda se imparte sabor a pescado a la carne.

I. INTRODUCCION

México es uno de los pocos países con una situación geográfica privilegiada en cuanto a recursos marinos, ya que en números redondos cuenta con aproximadamente 10 000 km de litorales, 431 051 km² de plataforma continental (fondos cercanos a la costa con profundidades no mayores de 200 m) y una zona económica exclusiva de aproximadamente 2 982 000 km². Sin embargo, aunque el país conserva una tradición pesquera respecto a la captura de algunas especies como la sardina, átun, mero, huachinango, robalo, langosta, ostión, pulpo y camarón; existen recursos marinos poco conocidos y aprovechados que podrían constituir un gran potencial económico y alimentario. Entre estos se encuentra la fauna de acompañamiento del camarón y de otras especies comerciales (33,93).

La langostilla Pleuroncodes planipes, es un crustáceo que se le halla en forma abundante en las costas de Baja California y constituye parte importante de la fauna de acompañamiento del átun y camarón; sin embargo, aunque es considerada por los pescadores como "basura" o "plaga", puede ser un valioso recurso para la industria avícola donde las alternativas en el aporte de proteína de buena calidad y pigmentos naturales son de gran importancia para la producción de carne y huevo. Actualmente el Departamento de Recursos Marinos del Centro de Investigaciones Biológicas de La Paz (CIB) en Baja California

Sur y el Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" (INNSZ), llevan a cabo proyectos* cuyo objetivo es establecer la pesquería de este recurso; así como, lograr su utilización en la alimentación animal. El presente trabajo forma parte de estos proyectos.

* "Aprovechamiento pesquero-industrial de la langostilla Pleuoncodes planipes en la Costa Occidental de Baja California Sur, México" CIB-INNSZ.

* "Aspectos biológicos, químicos y nutricionales de la langostilla Pleuoncodes planipes Stimpson, para su aprovechamiento en la alimentación animal". INNSZ-CIB-CONACYT.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades sobre la langostilla

2.1.1 Nombre científico: Pleuroncodes planipes Stimpson

1860.

2.1.2 Nombre común: langostilla, langostina, cangrejo rojo, cangrejo mexicano (5,15,32,93).

2.1.3 Posición taxonómica (72,92):

Clase: Crustacea

Orden: Decapoda

Familia: Galatheidae

Género: Pleuroncodes

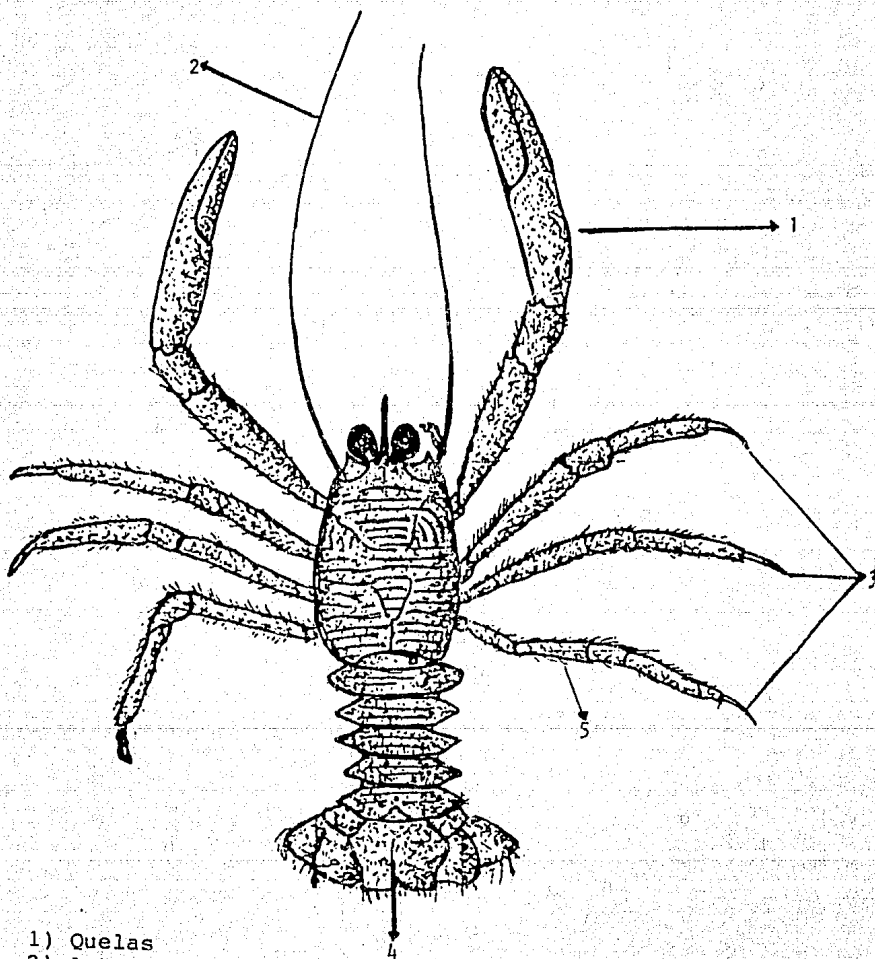
Especie: Pleuroncodes planipes Stimpson

2.1.4 Descripción morfológica

Aunque la langostilla es una de las especies de cangrejos galateidos, se parece morfológicamente a la langosta (Fig.1). Su coloración varía de anaranjado pálido a rojo oscuro. Cuando es adulta mide entre 9 y 12 cm de largo. Su primer par de patas es muy largo y está armado con pinzas. El abdomen y la cola tienen forma de abanico. Este crustáceo alcanza la madurez sexual al iniciar el segundo año de vida, son pelágicos en estado joven y bénticos en la etapa adulta (7,15,32,52,53,54). La carne de la langostilla no es un solo músculo como en el caso del camarón, es más bien escasa y está distribuida por todo el cuerpo como en la jaiba y la langosta excepto por la

FIGURA 1

ASPECTO MORFOLOGICO DE LA LANGOSTILLA



- 1) Quelas
- 2) Antenas
- 3) Patas
- 4) Cola
- 5) Velloidades

porción de la cola (7,45). Sin embargo, el bajo rendimiento en carne consumible es compensado por la extraordinaria abundancia del recurso y el alto rendimiento en las capturas.

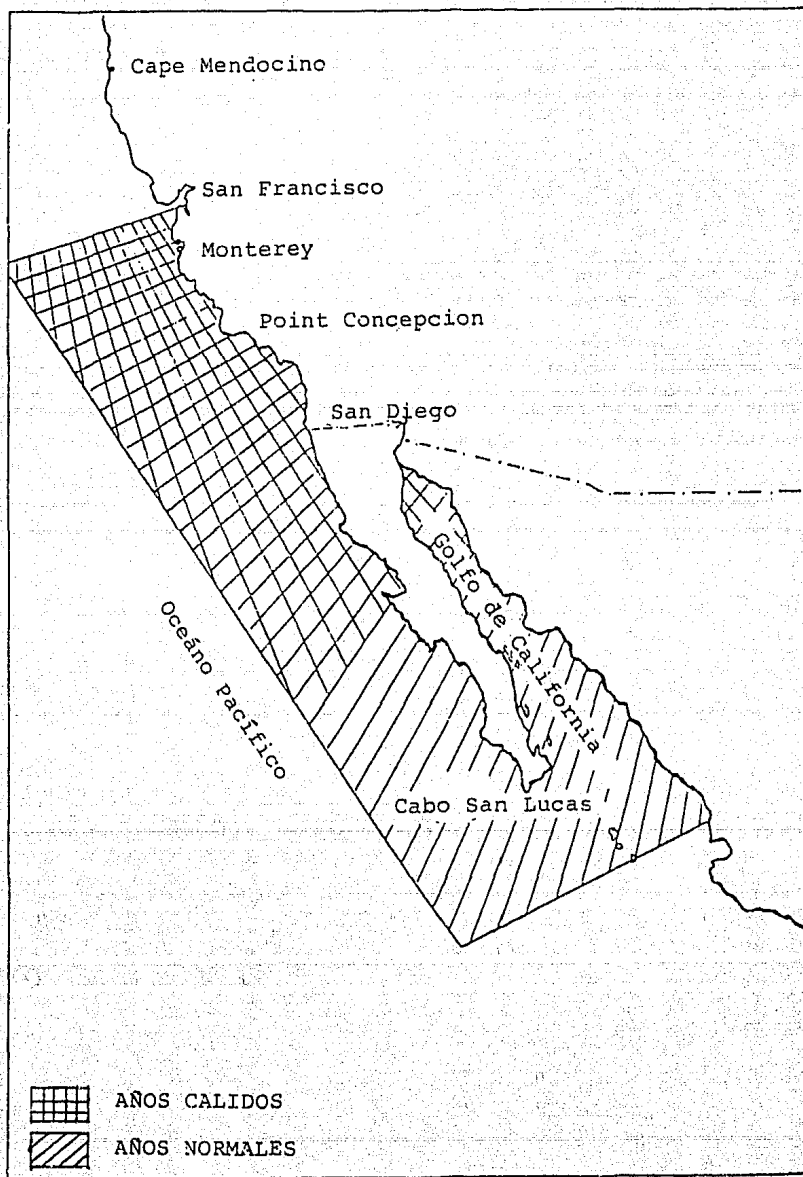
2.1.5 Distribución

El área de distribución de este crustáceo en el Occidente de Baja California, se extiende desde Cabo San Lucas hasta la Bahía Sebastian Vizcaíno (Fig.2). Las temperaturas preferenciales de este decápodo son entre los 13 y 16°C, por lo que en años cálidos, cuando la Corriente de California se debilita por la incursión de aguas tropicales (ej."El Niño"), se puede encontrar a la langostilla tan al norte como la Península de Monterey en California Central (4,7,52) y también en el Golfo de California (52,56).

2.1.6 Potencial

Esta especie puede ser capturada en abundancia en las redes camaroneras, ya que con frecuencia se le encuentra formando grandes concentraciones en las regiones bénticas y pelágicas. Los pescadores del Golfo de California la consideran como una plaga ya que interfiere con la pesca de especies altamente redituables como los camarones. Su elevada densidad de captura puede provocar fuertes sobrecargas que rompen la red, incluso en ocasiones se hace necesario regresar toda la captura al mar por encontrarse en su mayoría con esta "inoportuna" especie (4,5,93). Sin embargo, varios investigadores (4,5,8,17,40,

DISTRIBUCION DE LA LANGOSTILLA



52,93) han visto a este producto con mejor perspectiva, considerándolo como un recurso potencial de gran importancia para el país. Longhurst (52), menciona que la producción anual puede llegar a ser entre 30 000 y 300 000t y Arvizu-Martínez (5) estimó que se podrían capturar 250 000 t al año. Yañez-Arancibia (93), menciona que en estudios realizados por el Instituto Nacional de Pesca y el California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations (CALCOFI) durante 1972, en la costa occidental de Baja California, entre la Laguna de San Ignacio y Cabo San Lucas, se observó que el 50% de las capturas realizadas estaban constituidas por la langostilla, obteniendo las máximas capturas entre los 100 y 160 mts de profundidad y durante los lances efectuados por la noche, estimando un potencial de captura de 100 t/día. En capturas recientes efectuadas por el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California (CIB) se obtuvieron hasta 1300 kg en 5 minutos (8).

2.1.7 Composición química

La langostilla presenta características particulares en su composición química, la cual está sujeta a diferentes factores bióticos y abióticos, como la zona de captura, profundidad, época del año, estado reproductivo, etc. Por tal motivo, los datos reportados por diversos autores presentan variaciones considerables, por ejemplo el contenido en humedad de este organismo oscila entre 77 y 90% y en el Cuadro 1 se puede notar que el valor de proteína cruda presenta un intervalo de 35.9-

54.7% y el de la verdadera entre 22.5-32.1%. Las cenizas constituyen una fracción química muy abundante e importante de la langostilla, hallándose el contenido entre 12.8-38.3%. La quitina, principal constituyente del exoesqueleto de los crustáceos, es un polímero de aproximadamente 80-90% de N-acetilglucosamina y 10-20% de glucosamina, con enlaces β 1-4, similar en estructura a la celulosa (14,54,79). Los valores informados también varían entre autores, encontrándose en un intervalo de 6.8-12.1%.

CUADRO 1

COMPOSICION QUIMICA DE LA LANGOSTILLA SEGUN DIFERENTES AUTORES (g/100g materia seca)

	A	B	C	D	E
Proteína cruda	48.7	42.0	48.8	54.7	35.9-41.2
Extracto etéreo	7.6	4.7	14.0	4.7	4.9-10.3
Cenizas	35.9	35.0	12.8	22.9	33.7-38.3
Proteína verdadera	32.1	28.7	-	-	22.5-26.3
Quitina	10.9	10.7	6.8	13.8	11.1-12.1

FUENTE: A-Pierce *et al.* (68)
 B-Gallardo (32)
 C-Spinelli *et al.* (84)

D-Jiménez (45)
 E-Castro (23)

Por otra parte, aunque el contenido de grasa puede variar considerablemente, se reconoce que la mayor parte de los ácidos grasos que la componen son insaturados (Cuadro 2), sobre todo los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) considerados también como Omega-3. Estos ácidos grasos son

c6munes en productos marinos y revisten gran importancia para la salud humana (1,35,60). Son precursores de prostaglandinas, se les conocen propiedades antitromb6ticas y antitumorales, reducen los niveles de colesterol sanguineo, son de gran importancia para el cerebro pues una reducci6n de ellos en este 6rgano se asocia con una disminuci6n en el desarrollo de c6lulas para el aprendizaje permanente (19,41,50,60).

CUADRO 2

COMPOSICION EN ACIDOS GRASOS DE LA LANGOSTILLA

Acido graso	g/100 g de grasa
Mir6stico 14:0	3.4-5.0
Pentadecan6ico 15:0	0.9-1.4
Palmitico 16:0	16.6-18.5
Palmitol6ico 16:1	2.8-5.7
Hepatadecan6ico 17:0	0.6-3.3
Este6rico 18:0	2.8-2.9
Ol6ico 18:1	14.1-16.4
Linol6ico 18:2	2.0-2.3
Linol6nico 18:3	1.1-1.6
Ar6quico 20:0	1.8-3.85
Eicosapentaen6ico 20:5	12.1-17.4
Docosahexaen6ico 22:6	2.3-3.2
Lignoc6rico 24:0	2.25

FUENTE: Gallardo(32), Pierce et al.(68)

Por el contenido de amino6cidos que presenta (Cuadro 3), a la langostilla se le puede considerar una prote6na de buena

calidad cuando se le compara con la pasta de soya y con la harina de pescado, ingredientes de alto valor biológico comunmente empleados en la alimentación de los pollos y gallinas.

CUADRO 3

COMPOSICION EN AMINOACIDOS DE LA LANGOSTILLA Y DE OTROS INGREDIENTES PROTEINICOS (g/100g proteína cruda)

AMINOACIDO	LANGOSTILLA ¹	HARINA ² ANCHOVETA	PASTA ² SOYA
Met	2.2	3.01	1.48
Cis	1.4	0.92	1.57
Met+Cis	3.6	3.93	2.05
Lis	6.1	7.63	6.66
Tre	5.4	4.17	4.11
Tri	1.4	1.15	1.41
Arg	7.2	5.70	7.45
Val	5.5	5.26	5.32
Leu	6.6	7.52	8.00
Iso	3.7	4.69	5.43
His	3.4	2.38	2.61
Tir	3.2	3.40	2.91
Fen	4.3	4.21	5.16
Gli	6.3	5.59	5.20
Ser	5.5	3.61	5.57

FUENTE: ¹ Gallardo (32)
² NRC (57)

Sin embargo, existe otro aspecto aun más interesante que hace de la langostilla un recurso muy interesante, éste es, la

presencia de astaxantina (3,3'-dihidroxi-i,i-caroteno-4,4 - diona), pigmento rojo que representa el 95% del total de los carotenoides de este crustáceo y que existe en tres formas: diéster, monoéster y forma libre, representando los ésteres la mayor parte de la astaxantina (Cuadro 4). Este pigmento resulta de gran importancia para las industrias acuícola y avícola (24,45,46,75,76).

CUADRO 4

PIGMENTOS DE LA LANGOSTILLA

Carotenoides totales	8.3 - 9.9 mg/100g
b-carotenos	4.4 %
astaxantina(2 ésteres)	83.5 %
astaxantina libre	12.1 %

FUENTE: Wilkie (92)

2.1.8 Usos en la alimentación de aves

En México, durante 1975 y 1976 la Planta Rosh International S.A., estuvo reduciendo a harina, cantidades apreciables (70 toneladas en total) de langostilla, que fue utilizada como alimento en las granjas avícolas de Romero Hermanos en Tehuacán, Puebla; este proyecto se interrumpió al ser clausurada la planta (54). Por otra parte, Jiménez (45), formuló dietas a base de sorgo-langostilla para aves de postura de 14, 26 y 36 meses de edad, los niveles de inclusión fueron de acuerdo a la eficiencia de cada gallina; sin embargo, los

resultados que presenta son confusos y no concluyentes. Mas tarde, en 1980-81 la Sociedad Harinamar S.A., de México, estuvo capturando langostilla y vendiéndola como harina de pescado (54).

2.2 La avicultura en México

En el contexto internacional México ocupa el octavo lugar como país productor de huevo, con un aportación del 2.44% del volumen total de producción, por encima de España, Alemania, Italia y Holanda, que figuran en el grupo de los 12 principales países productores de huevo. En América, México ocupa el tercer lugar después de Estados Unidos y Brasil (27). Su importancia en la economía nacional radica en que, actualmente proporciona la fuente de proteína animal más barata a la población del país. El 98% de la población urbana y el 27% de la rural consumen huevo y carne de pollo. Durante 1990, el consumo per cápita de huevo fue de 180 huevos al año (13.8 kg) y de 12 Kg de carne de pollo (20,27). La avicultura en México se realiza principalmente con métodos intensivos. Sus altos índices de eficiencia y productividad son comparables con los mejores a nivel mundial. Sin embargo, dentro de los costos de producción los alimentos representan aproximadamente el 60% y como México no es autosuficiente en la producción de los ingredientes proteínicos más empleados en la alimentación de las aves (soya, sorgo, harina de pescado, etc.), la industria avícola tiene que importarlos (27).

2.3 La proteína en la alimentación de las aves

2.3.1 Importancia

Las proteínas son componentes indispensables de todos los tejidos del animal, la sangre, los músculos, las plumas, y constituyen alrededor de la quinta parte del peso de las aves y aproximadamente la séptima parte del peso del huevo (79). Hay 22 aminoácidos que forman los diferentes tipos de proteínas en las canales de las aves y se les suele dividir en tres categorías (9,63,79):

- a) indispensables: arginina, lisina, histidina, leucina, isoleucina, valina, metionina, treonina, triptófano y fenilalanina.
- b) semiindispensables: tirosina, cistina, hidroxilisina
- c) dispensables: alanina, ácido aspártico, ácido glutámico, asparagina, glutamina, glicina, serina y prolina.

Los aminoácidos no se pueden almacenar en el cuerpo para su uso futuro, como acontece con las fuentes de energía, por tanto, es necesario proporcionar diariamente los aminoácidos esenciales requeridos por el pollo o la gallina para lograr una máxima producción de huevo o carne (79). Bajo algunas condiciones puede ser necesario el aporte de glicina y serina en las raciones.

2.3.2 Fuentes de proteína

Las proteínas para la alimentación de las aves son de dos clases: de origen animal y de origen vegetal. La primera es

superior a la segunda debido, principalmente, a su alto contenido de aminoácidos indispensables (Cuadro 3); sin embargo, se utilizan en cantidades limitadas en las dietas por su alto costo y difícil acceso (9).

Origen animal:

- Harina de pescado. En México, la cantidad de harina de pescado producida es muy limitada y muestra una gran variación en su contenido de proteína, por lo que para satisfacer la demanda se recurre a la importación del producto. Las harinas se producen de sardina, anchoveta, arenque, sábalo y otras especies similares. El contenido de proteína varía de acuerdo con la especie de procedencia y el método de producción, aunque por regla general es superior al 55%. Una característica importante de este tipo de harina es su calidad, esto quiere decir que es rica en aminoácidos indispensables, sobre todo aquellos que se consideran críticos cuando se formulan raciones para aves, por ejemplo lisina, metionina y triptófano. Su empleo por lo general, se limita a niveles que varían entre 2 y 7%, debido a su costo y disponibilidad y también a la posibilidad de transmitir olor y sabor a pescado a los productos avícolas cuando se emplean niveles mayores (9,71).

- Harinas de carne y hueso. El contenido de proteína de estas harinas varía entre 45 y 50% cuando se consideran de buena calidad, destacando su riqueza en lisina; sin embargo, la proteína es deficitaria en metionina y triptófano. Por

razones de precio y disponibilidad, su empleo es a niveles bajos en las dietas (9,80).

- Harina de pluma. La harina de pluma hidrolizada contiene un alto nivel de proteína (85%) y su precio en el mercado es bajo en relación con otras fuentes de nitrógeno, sin embargo, la digestibilidad de la proteína es baja. Esta proteína es deficiente en metionina, lisina, histidina y triptófano, lo cual limita su uso en las raciones para aves de 3 a 4% máximo (9,79).

Origen vegetal:

- Pasta de soya. Es una de las mejores fuentes de proteína de origen vegetal debido a su alto contenido en lisina. Contiene todos los aminoácidos indispensables para las aves; sin embargo, es deficiente en cistina y metionina. Su contenido en proteína se encuentra entre 43 y 50%. En México, no se produce pasta de soya en cantidad suficiente, lo cual obliga a importar este producto, hecho que incrementa notablemente su precio y obliga al formulador de raciones a emplear otros ingredientes que reduzcan los costos de alimentación (9,24).

2.3.3 Evaluación de la calidad de la proteína

Es importante evaluar la calidad de la proteína debido a 2 aspectos muy importantes (26,57):

- a) Nutricional. Los animales requieren de ciertas cantidades mínimas de aminoácidos indispensables a partir de una fuente biológica disponible.

b) Impacto económico. Existe la necesidad de definir con exactitud y precisión la eficiencia relativa con la cual la proteína individualmente puede cubrir las necesidades biológicas ya que esto influye en los costos. El alimento representa entre el 60 y 80% de los costos de producción, por lo que es importante conocer las necesidades del animal y dar el aporte exacto en nutrimentos a fin de reducir costos y obtener mayor producción.

Existen diversos métodos para evaluar la calidad de la proteína, algunos de ellos son los siguientes (6,21,24,26,81,88):

- Químicos: análisis químico aproximado, composición en aminoácidos, lisina disponible
- Químico-biológicos: digestibilidad de aminoácidos
- Microbiológicos: lisina disponible (Técnica de Tetrahymena pyriformis)
- Enzimáticos: digestibilidad multienzimática
- Pruebas de comportamiento productivo en los pollos y gallinas para conocer su potencial.

2.4 Los pigmentos en los crustáceos y las aves

Existen varios tipos de pigmentos: hemoglobinas, hemocianinas, flavinas, citocromos, carotenoides, melanina, omnocromos, pterinas y rodopsina. Sin embargo, el principal tipo de pigmentos presente en los crustáceos son los carotenoides

(48,49). Los carotenoides son moléculas lipofílicas compuestas de 8 unidades de isopreno pentacárbónico y son los pigmentos con las mas variadas estructuras y funciones. Su amplia gama de colores desde los muy pálidos hasta los amarillos y los muy rojos es debido a los diferentes cromóforos en los distintos grupos de carotenoides. Desde un aspecto químico, los carotenoides pueden ser divididos en dos grupos (12,47,49):

- a) Hidroxicarbonados o carotenos: solo contienen H y C
- b) Oxicarotenoides o xantofilas: contienen además oxígeno

La síntesis de novo de carotenoides está confinada a ciertos microorganismos, hongos, algas y plantas mayores. Los animales por el contrario son incapaces de sintetizar estos pigmentos de novo por lo que dependen completamente de que estos sean suministrados en la dieta (12,47,48,49,77,78).

2.4.1 Carotenoides en crustáceos

En los crustáceos la naturaleza básica de la coloración del cuerpo depende de pigmentos específicos presentes en los cromatóforos subepidermales y/o en la capa principal del exoesqueleto de los animales. Entre los diferentes tipos de pigmentos hallados en los crustáceos, los carotenoides son por mucho los que determinan la pigmentación y de éstos, la astaxantina es la que prevalece en el integumento de los crustáceos representando el 65-98% del total de los carotenoides presentes (48,49,75,76). En algunas ocasiones se

encuentra asociada a proteínas formando caroteno-proteínas, cuyas propiedades fisicoquímicas son muy importantes; por ejemplo, el cambio de color a rojo cuando los crustáceos son hervidos o tratados con varios reactivos y el aumento en la estabilidad de los pigmentos a la luz son atribuidos a la asociación de los pigmentos con proteínas (12,77).

2.4.2 Carotenoides en las aves

Las aves almacenan los oxicarotenoides ingeridos oralmente, en el hígado, huevo, grasa corporal, pelo, plumas y pico; sin embargo, a los carotenos no ya que las aves los convierten eficientemente a vitamina A. Además, los oxicarotenoides poseen grupos hidroxilo, ceto o éster, los cuales imparten características moderadamente polares; en cambio los carotenos no poseen grupos funcionales y por tanto no son almacenados (12,39,76,77). Los pigmentos ingeridos con la dieta son transferidos en el organismo animal a los lípidos de depósito y a la yema de huevo (28,37,73). Es conveniente mencionar que existe cierta afinidad de los carotenoides por algún tejido u órgano en particular. Por ejemplo, la capsantina, capsorrubina, violaxantina y citranaxantina no ejercen influencia alguna sobre la pigmentación del pollo de engorda, mientras que la luteína, el apocaroteno éster y la citranaxantina pigmentan mejor la grasa abdominal, y la zeaxantina y cantaxantina se depositan mejor en los tarsos (16,55). Se sabe que las gallinas pueden acumular astaxantina en la yema, como resultado de

alimentarlas con cangrejos o caparazones de langostas; sin embargo, si solo se da astaxantina como fuente de pigmento se producen yemas color de rosa, lo cual no es muy aceptable en el mercado; por lo tanto, se ha recomendado suministrar la harina de estos crustáceos junto con una fuente de xantofilas amarillas como la luteína, a fin de obtener una coloración deseable (12,73,83).

2.4.3 Importancia de los carotenoides en la industria avícola

Los colores son una parte integral en la experiencia diaria del hombre, no sorprende por tanto saber que el color cumple también una función muy importante en la comida, ya que para muchas personas se "come también con los ojos" y como cita Latscha (49) "la apariencia visual especialmente el color es la característica más importante de los alimentos que determina ser seleccionado para consumo". Esto es muy cierto en el caso de los productos avícolas donde los consumidores, en gran parte de México y de otros países, demandan la buena pigmentación de los mismos (Cuadro 5) (9,12,13,42,47,73,77,86,87). Evidentemente existe una estrecha relación entre el color y el estado de salud de las parvadas, ya que en plantas como en animales una pigmentación deficiente y palidez son frecuentemente el primer signo de malnutrición o enfermedad, por tanto colores brillantes e intensos dan la impresión de un alimento de alta calidad y nutritivo (11,12,47,69,73,78).

CUADRO 5

REFERENCIA DE LOS CONSUMIDORES EN LA PIGMENTACION
DE LA YEMA DE HUEVO EN ALGUNOS PAISES

PAISES	INTERVALO*	VALOR DESEADO*
Argentina	7-12	8
Brasil	8-15	11
Chile	10-12	11
España	11-13	13
EE.UU.	7-10	9
México	9-12	11
Irlanda	7-10	9
Perú	7-12	9
Venezuela	7-11	8

* valores del Abanico Roche

FUENTE: Becerril (13)

Sin embargo, la explotación intensiva de las aves impide llenar este requisito, por lo que los alimentos deben complementarse con fuentes naturales ricas en carotenoides, fuentes sintéticas o pigmentos artificiales. (Cuadro 6) (3,12,18,24,57,73,88).

Las ventajas que tienen los colorantes naturales son: su bajo precio en comparación con los sintéticos, acequibilidad dependiendo de la materia prima, y que son inocuos; la desventaja es que, la concentración de las xantofilas depende del clima, época de colecta y disponibilidad del ingrediente, entre otros factores (12,48). Por otra parte, los pigmentos sintéticos son carotenoides idénticos a los naturales, sus propiedades físicas y químicas son exactamente las mismas que

CUADRO 6

FUENTES NATURALES DE XANTOFILAS

FUENTE DE XANTOFILAS	mg/kg
H. flor de cempesúchil	6 000-10 000
H. de chile (<u>Capsicum</u>)	500 10 000
Alga <u>Chlorella</u>	4 000
H. alfalfa (20%)*	400 - 550
H. gluten de maíz (60%)*	330
Paprika española	274
Achiote	265
Maíz amarillo	20 - 25

* Contenido en proteína cruda
FUENTE: Patrick & Schaible (63)

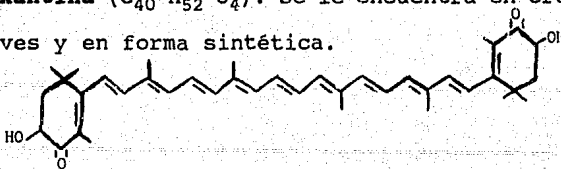
su contraparte natural. En contraste con las fuentes naturales, las cuales tienen una mezcla de diferentes carotenoides, los carotenoides sintéticos se caracterizan por ser específicos, la encapsulación del pigmento provee una efectiva protección contra la degradación oxidativa y una mayor estabilidad. Como estos carotenoides vienen en cápsulas de gelatina digestibles, son más accesibles que las xantofilas presentes en vegetales ricos en fibra o en material animal rico en quitina; siendo, por tanto, mejor la absorción en el intestino y la deposición en el tejido (34,47,69). Sin embargo, presentan como desventajas: su elevado precio y que, como consecuencia de corrientes naturistas, los consumidores ejercen presión para que se empleen productos naturales, no sintéticos (13,63,73,89). Los colorantes artificiales tienen como ventaja

su bajo precio y gran disponibilidad, sin embargo, dos tipos de ellos: sudanes y anilinas, son considerados agentes cancerígenos (3,12,18,24,57,73,88).

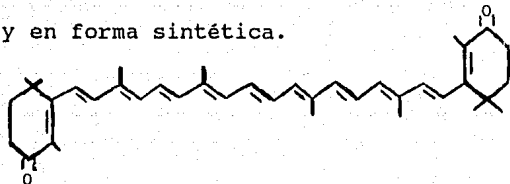
México es un país productor y exportador de colorantes naturales de origen vegetal y aproximadamente 30 empresas lo producen y exportan fundamentalmente a los EE.UU, Francia y España (3,11,27). En la industria avícola nacional, el empleo de los pigmentos representa entre 3 y 10% del costo del alimento (24) teniendo, durante 1991, un costo entre \$17 a \$45 USD/tonelada de alimento (69). En los EE.UU las ventas de agentes pigmentantes en 1992 fueron por la cantidad de aproximadamente 150 millones dls/año y en Europa se estimaron en 100 millones dls/año (87).

Los carotenoides permitidos, por la FDA y la OMS, como aditivos en la alimentación animal son: luteína, zeaxantina, β -apo-8-carotenal, cantaxantina, astaxantina, capxantina (11,12,13). De estos, los tres últimos son pigmentos rojos, que resultan ser de gran interés porque son difíciles de obtener y por tanto más caros que los amarillos. La estructura química y fórmula condensada de carotenoides rojos se muestra a continuación:

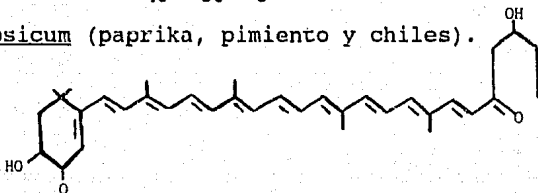
Astaxantina ($C_{40} H_{52} O_4$). Se le encuentra en crustáceos, plumas de aves y en forma sintética.



Cantaxantina ($C_{40} H_{52} O_2$). Se halla en crustáceos, plumas de aves y en forma sintética.



Capsantina ($C_{40} H_{56} O_3$). Se encuentra en frutos del género Capsicum (paprika, pimiento y chiles).



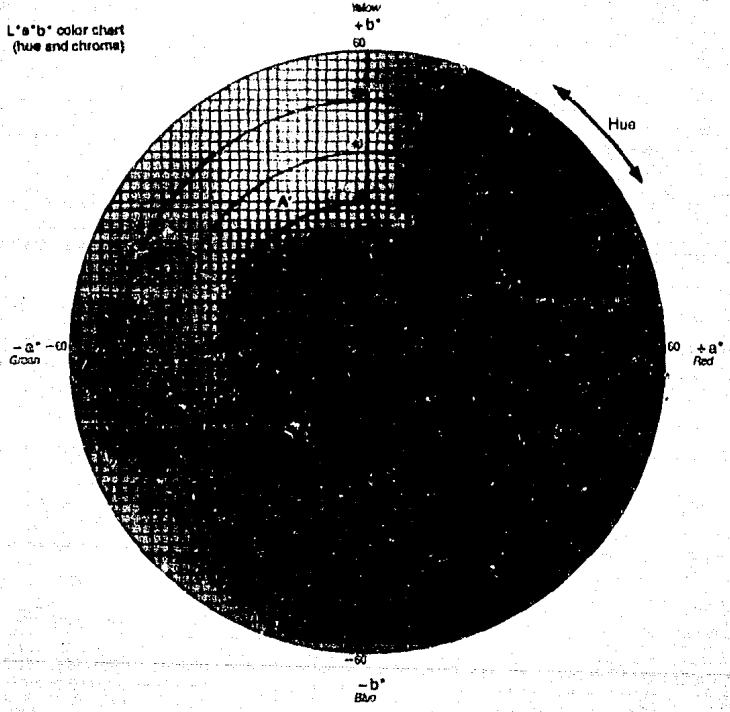
2.4.4 Métodos para evaluar el color y la pigmentación en productos avícolas

El análisis del pigmento y la evaluación del color son conceptos muy diferentes, aun cuando se les emplea como sinónimos. La pigmentación se puede conceptuar como la deposición de pigmento que puede afectar la propiedad de reflejar la luz de un objeto y por lo tanto de alterar el color. El color es la propiedad de un objeto en términos de cómo la luz es reflejada por este objeto; con frecuencia se le describe en términos de matiz*, brillantez y saturación (16,29). Los métodos para evaluarlos se dividen en tres grupos (13,42,86):

* Matiz o tinte: es el color mismo o croma. Saturación: expresa la proporción de mezcla de ese color con el blanco. Brillo: permite diferenciar dos colores del mismo tinte y de la misma saturación.

- Análisis químico del pigmento. Se basa en la extracción y cuantificación de los pigmentos, sea individualmente o en grupo, de la sangre, yema de huevo, piel o tarsos.
- Apreciación visual. La evaluación del color se puede hacer subjetivamente mediante el ojo humano, con base o no en una norma visual. Las más comunes son el abanico de Roche, el de Purina, las tarjetas de color de Hoechst y otras. La evaluación se hace empleando una escala numérica cuya interpretación es fácil y que se relaciona con las condiciones del mercado. En el caso del abanico Roche la escala numérica presenta valores del 1 al 15 (amarillo ---> rojo).
- Colorimetría de reflectancia. Se basa en el empleo de espectrofotómetros de reflectancia especializada, que usan una fuente lumínica y un detector constante. Estos instrumentos iluminan el objeto con una fuente de luz conocida y determinan la reflectancia en cuanto a longitudes de onda predefinidas que se usan para expresar y calcular el color. El sistema de mayor uso es el CIE-Lab que mide la luminosidad, el enrojecimiento y el amarillamiento. El colorímetro funciona dando tres valores numéricos: L^* que corresponde a la luminosidad, a^* y b^* que son el color o croma y se indican en dos ejes (Fig.3) donde, a^* es el eje de los rojos-verdes y b^* es el de los amarillos-azules. Los valores positivos en a^* corresponden al color rojo y los negativos al verde; asimismo, los valores positivos de b^* son los amarillos y los negativos los azules (13,30,44).

CIE 1976 L*a*b* COLOR SPACE



III. JUSTIFICACION

En México, existen innumerables recursos marinos que no han sido estudiados y aprovechados totalmente, tal es el caso de la langostilla, que por su abundancia y características nutritivas y pigmentantes, podría constituir un valioso recurso para la industria avícola donde existe una gran demanda de fuentes de proteína de buena calidad y pigmentos rojos que provean el color amarillo-naranja en forma económica e inocua. Actualmente, el Departamento de Recursos Marinos del CIB en La Paz, Baja California Sur en colaboración con el Departamento de Nutrición Animal del INNSZ, llevan a cabo un proyecto encaminado a establecer la pesquería de la langostilla y su aprovechamiento en la nutrición animal. Para tal fin se tienen contempladas diversas investigaciones dentro de las que se incluye el presente estudio.

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar el valor protéico y pigmentante de la langostilla en el pollo de engorda y gallinas en producción.

4.2 Objetivos particulares

4.2.1 Conocer mediante análisis químicos la calidad de la proteína de la langostilla.

4.2.2 Cuantificar el contenido de astaxantina de la langostilla.

4.2.3 Determinar el valor protéico de la langostilla al ser incorporada en niveles de 0,3,6 y 9% a dietas prácticas para pollo de engorda y gallinas en producción, sustituyendo parcialmente a la proteína de la pasta de soya.

4.2.4 Determinar el valor pigmentante de la langostilla sobre el color de los tarsos, la piel de la pechuga y la yema de huevo, al ser incorporada a dietas prácticas para pollo de engorda y gallinas en producción.

4.2.5 Determinar si la inclusión de langostilla en dietas para pollo de engorda y gallinas ponedoras afecta la preferencia de los consumidores por los productos avícolas.

4.2.6 Determinar si la inclusión de langostilla en las dietas para pollo de engorda y gallinas ponedoras afecta el sabor de la carne de pollo y del huevo.

V. HIPOTESIS

5.1 La inclusión de langostilla en niveles de 3,6 y 9% a dietas prácticas para pollos de engorda y gallinas ponedoras, mejora los parámetros productivos de estas aves.

5.2 Conforme se aumenta el porcentaje de inclusión de langostilla en las dietas para pollos de engorda y gallinas en producción, se incrementa el color de los tarsos, piel de la pechuga y de la yema de huevo.

5.3 Los consumidores de productos avícolas prefieren yemas de huevo muy pigmentadas (anaranjadas).

5.4 La inclusión de langostilla en las raciones para pollo de engorda y gallinas ponedoras no influye sobre el sabor de los productos avícolas.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGIA EMPLEADA PARA LA
UTILIZACION DE LANGOSTILLA COMO FUENTE DE PROTEINA Y
PIGMENTOS EN RACIONES PARA POLLOS DE ENGORDA Y
GALLINAS PONEDORAS

CAPTURA

CONGELACION

ESCALDADO

DESECACION Y MOLTURACION

ANALISIS QUIMICOS

PRUEBAS *in vivo* DE DIGESTIBILIDAD DE
AMINOACIDOS Y ENERGIA METABOLIZABLE

PREPARACION DE DIETAS

POLLOS DE ENGORDA

0 3 6 9

GALLINAS

0 3 6 9

FASE EXPERIMENTAL CON LAS AVES

MEDICION DEL COLOR

EVALUACION SENSORIAL

ANALISIS ESTADISTICO

6.1 Obtención y procesamiento de la materia prima

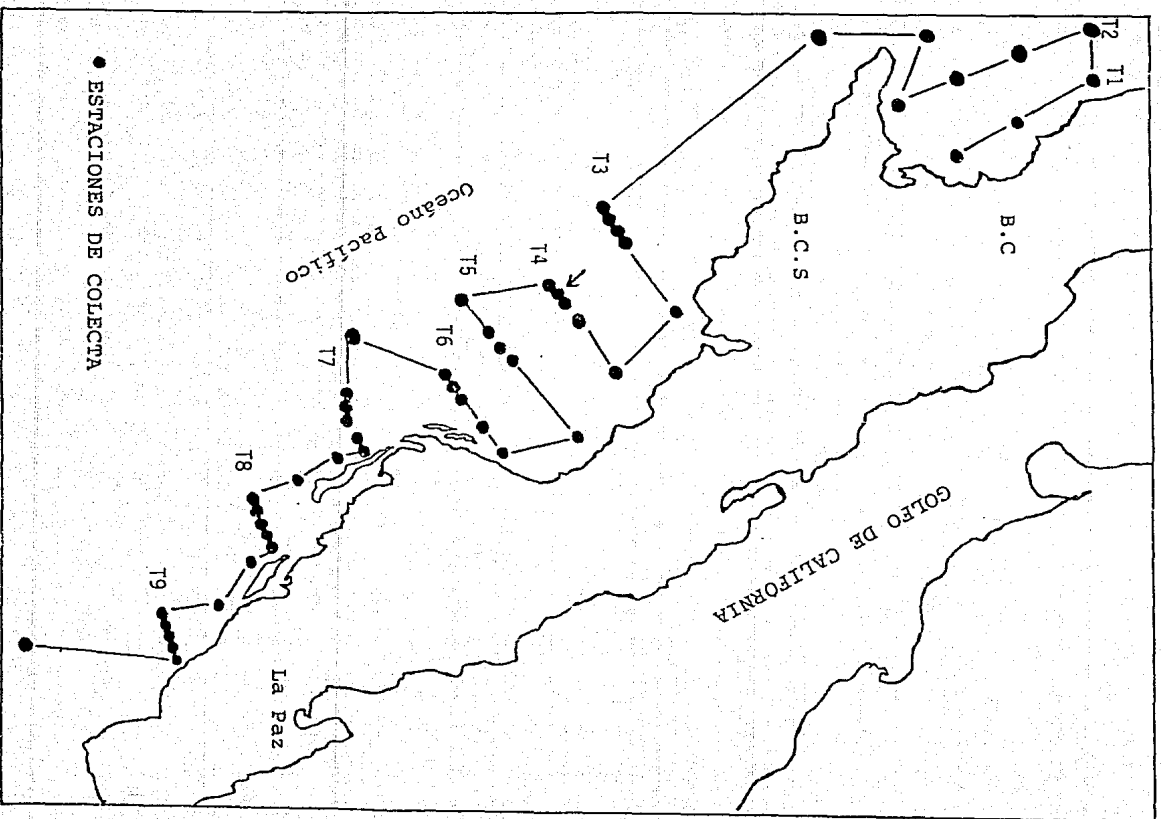
6.1.1 Captura

Se realizó a bordo del Buque Oceanográfico "EL PUMA" durante la campaña 9109 en el mes de septiembre de 1991, en la costa occidental de la Península de Baja California a los 26°01.35 LN y 113°18.01 LO, siguiendo el plan de crucero trazado por el Departamento de Exploración y Evaluación de Recursos Marinos del CIB (Fig.4) que contempla 9 transectos (T) con 5 estaciones (E) cada uno. Para el presente estudio se seleccionó el T4-E18 por ser una de las primeras estaciones, durante el crucero, en que se encontró langostilla adulta (bentónica) en forma muy abundante, y por estar la estación dentro del área considerada para establecer la pesquería. La captura se realizó a 211 m de profundidad a una velocidad de 2.5 nudos con un tiempo efectivo de arrastre de 20 minutos. Las características químicas del lugar fueron:

- temperatura del sedimento	16.5°C
- salinidad	34.66 ppm
- temperatura del fondo	12.7°C

Se utilizó una red camaronera de 20m de boca y luz de malla de 3cm. La captura total fue de 2,070 kg, siendo la mayor parte langostilla, ya que como fauna de acompañamiento de este crustáceo solo se encontraron algunos peces como merluza (20kg), un ejemplar de Monidae, un Kathetostoma averruncus (79g) y un Lepophidum spp (70g).

PLAN DE CRUCERO DEL DEPARTAMENTO DE EXPLORACION Y
EVALUACION DE RECURSOS MARINOS DEL C.I.B.
Y ZONA DE COLECTA



6.1.2 Limpieza y congelación

Antes de depositar la captura en la cubierta del buque, se sumergió la red dos veces en el mar por lo que el material salió limpio (sin lodo). Ya en cubierta se separaron las especies distintas a la langostilla. Toda la langostilla capturada era adulta, de ambos sexos y muy homogénea en tamaño y color. Medían aproximadamente 10 cm y tenían un fuerte color anaranjado. De las casi 2 t de langostilla, se tomó al azar 1 t aproximadamente, la cual se guardó en costales de azúcar dentro de la cámara de congelación del buque a -20°C . Ya en tierra, se desembarcó la langostilla y se mantuvo en cámaras de congelación a -20°C en la Planta Maquiladora de Sociedades Cooperativas en La Paz, B.C.S. Posteriormente se descongeló a temperatura ambiente durante 12 horas y se transportó a la Planta de Productos Pesqueros en el Puerto de Matancitas, B.C.S. a 120 km al norte de La Paz, donde se contaba con una reductora de harina de pescado.

6.1.3 Escaldado

Este paso se realizó con el fin de acelerar el descongelado de la materia prima, para esto se colocó la langostilla en canastillas de acero inoxidable (con capacidad para 150 kg) que se sumergían en tinas metabólicas (o cocedoras de langosta) a una temperatura de 60°C durante 5 minutos, utilizando agua salobre.

6.1.4 Desecación y molturación

Toda la langostilla se escurrió y llevó a la reductora, donde se pasó primero por el secador de llama directa que proporciona calor sobre el cilindro de secado a una temperatura de 118°C en promedio, de aquí se pasó al molino Ciclone. Antes de salir se agregó antioxidante (BHT) a la harina en una proporción de 10 gotas/1'10". La harina de langostilla que se obtuvo presentaba un fuerte color anaranjado y se sentía muy grasosa.

6.1.5 Empaquetado

Se recogió la harina en bolsas de papel reforzadas por dentro con plástico, se cerraron perfectamente y se transportaron al Departamento de Nutrición Animal del INNSZ en la Ciudad de México.

6.2 Análisis químicos

Se hizo un muestreo por cuarteo a fin de obtener material representativo para los análisis que a continuación se mencionan:

6.2.1 Análisis químico aproximado (6)

Humedad, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo y carbohidratos.

6.2.2 Energía Bruta (Bomba calorimétrica Parr)

6.2.3 Minerales (Ca,P,Na,K,Mg,Cu y Zn) (6)

6.2.4 Quitina (68)

6.2.5 Nitrógeno no proteico (88)

Este análisis es útil en harinas de pescado y de crustáceos ya que mide la cantidad de sustancias nitrogenadas no proteicas como escamas de pescado y caparazón de los crustáceos. En esta técnica se precipita a la proteína con ácido tricloroacético al 20%. Se obtiene un filtrado al que se le determina nitrógeno. El porcentaje de N que se obtiene es el nitrógeno no proteico (88).

6.2.6 Nitrógeno amoniacal (electrodo de amoniaco Orion).

En esta determinación el nitrógeno amoniacal funciona como un indicador de la hidrólisis de proteína. Se utiliza para medir el grado de descomposición de la carne o el pescado, con que se elaboró la harina (88).

6.2.7 Aminoácidos

El análisis de los aminoácidos de los ingredientes y de las excretas de los gallos fue realizado por DEGUSSA en Alemania, mediante oxidación e hidrólisis ácida para los aminoácidos azufrados e hidrólisis ácida para el resto de los aminoácidos. Avila (10) describe la técnica completa.

6.2.8 Digestibilidad multienzimática (43).

Por este método se determina la digestibilidad de la proteína. La técnica consiste en incubar el ingrediente a probar en una suspensión acuosa con una combinación de las enzimas tripsina, quimotripsina y peptidasa. El pH de la solución es inicialmente

ajustado a pH de 8.0. Como las enzimas proteolíticas digieren la proteína y rompen los enlaces peptídicos en las estructuras primarias de las proteínas, de los grupos carboxilo escapa hidrógeno (H⁺) lo que provoca una disminución en el pH de la suspensión proteica. El pH decrece rápidamente durante los primeros minutos de incubación y entonces gradualmente se estabiliza por aproximadamente 10 min de incubación (31).

6.2.9 Digestibilidad in vivo de aminoácidos (Método de Sibbald para energía metabolizable verdadera, empleado para aminoácidos digestibles por Likuski y Dorell) (51,81).

Para esta técnica se utilizaron 8 gallos adultos blancos Leghorn (4 experimentales y 4 testigos) de cresta simple con un peso promedio de 2.457 kg. Los gallos se alojaron en jaulas individuales de acero inoxidable, colocando debajo de cada jaula una charola forrada con plástico para colectar las excretas. Antes de iniciar la prueba las aves fueron sometidas a un período de ayuno de alimento por 24 horas, después de lo cual a 4 de ellos se les administró por consumo forzado 30g de harina de langostilla mientras que los otros 4 o testigo se mantuvieron en ayuno de alimento. Pasadas 48 horas se retiraron las charolas y se pusieron a secar las excretas, tanto de los gallos alimentados con langostilla como de los testigo, a temperatura ambiente durante 5 días. Las excretas de cada grupo de los gallos se colectaron, pesaron y se les determinó: humedad, nitrógeno total y aminoácidos. Para conocer la

digestibilidad de los aminoácidos se empleó la siguiente fórmula dada por Likuski y Dorell (51):

$$\%DAAA = \frac{AAC - AAee}{AAC} \times 100$$

$$\%DVAA = \frac{AAC - (AAee - AAet)}{AAC} \times 100$$

donde:

DAAA = digestibilidad aparente de los aminoácidos
 DVAA = digestibilidad verdadera de los aminoácidos
 AAC = aminoácidos consumidos por el gallo experimental
 AAee = aminoácidos excretados por el gallo experimental
 AAet = aminoácidos endógenos excretados por el gallo testigo en ayuno

6.2.10 Energía Metabolizable Verdadera (81,82)

Esta medida indica la energía que no se pierde en las heces y la orina (excretas) y que por lo tanto, es aprovechable para el animal. Para esta prueba se siguió el mismo procedimiento que en el punto 6.2.9 excepto que los análisis realizados a las excretas fueron: humedad y energía bruta. La fórmula que se empleó para calcular la EM Verdadera es la siguiente (81):

$$EMV \text{ (kcal/g)} = \frac{(EBi \times X) - (Yee - Yet)}{X}$$

donde:

EBi = energía bruta del ingrediente a estudiar (kcal/g)
 X = cantidad del ingrediente administrado (30g)
 Yee = energía presente en las excretas del grupo experimental
 Yet = energía endógena de las excretas del grupo testigo en ayuno

6.2.11 Astaxantina (determinada por Productos ROCHE S.A de C.V.)

6.3 Fase Experimental

Se llevó a cabo en el Campo Experimental "Valle de México" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) de la SARH, en Chapingo, Estado de México. Se realizaron dos experimentos; uno con pollos de engorda y otro con gallinas ponedoras.

6.3.1 Experimento 1

Se llevó a cabo en tres etapas:

Evaluación de parámetros productivos. Se emplearon 120 pollos Indian River de un día de edad sin sexar, con un peso promedio al nacer de 42 g, distribuidos conforme a un diseño completamente al azar en cuatro tratamientos con tres repeticiones de 10 aves cada una. Los tratamientos consistieron en la adición de harina de langostilla en diferentes niveles (0,3,6 y 9%) a dietas basales de sorgo-soya, para iniciación (0-3 semanas) y finalización (4-7 semanas)(Cuadro 7), sustituyendo parcialmente a la pasta de soya. Las dietas fueron isoprotéicas y cubrían por cálculo las necesidades de nutrimentos informados por Cuca et al.(24). Durante las tres primeras semanas de vida, los pollos estuvieron en criadoras eléctricas en batería y las cuatro últimas en jaulas para desarrollo. A partir de la 4a.semana se adicionaron, a cada una de las dietas, xantófilas amarillas hidrolizadas de flor de cempasúchil (60 ppm), como fuente de luteína (pigmento amarillo). Agua y alimento se suministraron a libre acceso.

CUADRO 7

COMPOSICION DE LAS DIETAS EMPLEADAS PARA LOS POLLOS DE ENGORDA DURANTE LAS ETAPAS DE INICIACION Y FINALIZACION

INGREDIENTES %	INICIACION				FINALIZACION			
	Niveles de inclusión de langostilla							
	0	3	6	9	0	3	6	9
Sorgo (9.34%)*	52.00	52.07	52.17	52.25	60.32	60.38	60.53	60.21
Pasta de soya (45.91%)*	39.45	37.11	34.73	32.38	31.24	28.90	26.52	24.17
Langostilla (35.11%)*	-	3.00	6.00	9.00	-	3.00	6.00	9.00
Ortofosfato de calcio	1.85	1.62	1.38	1.15	1.85	1.62	1.38	1.15
Carbonato de calcio	1.47	1.98	0.49	-	1.47	0.98	0.49	-
Aceite vegetal	4.27	4.27	4.27	4.27	3.87	3.87	3.87	3.87
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
DL-metionina	0.26	0.26	0.26	0.26	0.15	0.15	0.15	0.15
Vitaminas**	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Minerales**	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Pigmento amarillo***	-	-	-	-	0.40	0.40	0.40	0.40
TOTAL	100.00	100.00	100.0	100.00	100.00	100.00	100.00	100.0
Aporte calculado:								
Proteína cruda %	23.00	23.00	23.00	23.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Calcio %	1.08	1.13	1.19	1.24	1.05	1.27	1.17	1.22
Fósforo disponible %	0.44	0.43	0.43	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41
EM kcal/g	3.05	3.09	3.06	3.10	3.10	3.13	3.17	3.21
Xantofilas amarillas ppm	-	-	-	-	60.00	60.00	60.00	60.00
Astaxantina ppm	-	3.80	7.10	10.6	-	3.80	7.10	10.60

* Contenido de proteína cruda

** Las mencionada por Cuca et al (24)

*** Ave Lut (15 g/kg de xantofilas)

Los datos obtenidos de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se sometieron a un análisis de varianza de una sola vía y cuando se detectaron diferencias se aplicó la prueba de Tukey con una significancia de 5% (59,85). Cada semana se pesó a las aves y al final se hicieron las otras evaluaciones que se detallan a continuación.

Medición del color. Se evaluó el color en los tarsos de las aves de cada tratamiento, mediante apreciación visual con el abanico colorimétrico de Roche 1989 (AB) y con un colorímetro de reflectancia (CR) Minolta CR-200. El color en la piel de la pechuga se midió con el CR en 4 muestras por tratamiento. Las lecturas se hicieron sobre fondo blanco. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y cuando hubo diferencias se aplicó la prueba de Tukey con una significancia de 5% (59,85).

Evaluación sensorial. La evaluación sensorial se ocupa de la medición y cuantificación de las características sensoriales (ej. color y sabor) y la aceptabilidad de un producto, ingrediente o modelo, los cuales son percibidos por los sentidos (64,91). La prueba se realizó en cubículos individuales en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del INNSZ. Se empleó una prueba afectiva de preferencia en la que, los consumidores (en este caso llamados jueces o panelistas)

ordenan una serie de muestras de acuerdo con su apreciación personal o preferencia. Como las respuestas son subjetivas o acordes con puntos de vista personales, es de esperarse que la variación en las opiniones sea muy amplia, por lo que para este método se requiere un grupo mínimo de 50 personas. En esta prueba participaron 60 jueces no entrenados (ambos sexos), pero que consumían en forma regular productos avícolas. Se les pidió que media hora antes de participar en la prueba se abstuvieran de fumar y consumir alimentos, café o dulces para evitar que se afectara la apreciación y detección del sabor.

Preparación y Selección de las muestras. Los pollos de cada tratamiento que se utilizaron para la prueba de evaluación sensorial, se sacrificaron, desangraron, escaldaron y desplumaron. Se tomaron las pechugas y se cocieron con agua, cada tratamiento por separado, sin agregar sal o algún otro sazoador. Una vez que estuvieron bien cocidas se desmenuzaron y colocaron en 4 diferentes recipientes. La característica a evaluar era el sabor de la carne. A cada una de las muestras de los 4 tratamientos (0,3,6 y 9%) se les asignó un número aleatorio (504, 470, 387 y 549 respectivamente) y se colocaron las cuatro diferentes muestras en un plato blanco. A cada uno de los jueces se les entregó un cuestionario (Anexo 1) y una charola que incluía: el plato con las 4 muestras de carne identificadas, pan blanco y agua que deberían consumir entre cada muestra. El juez asignaba, dentro de una escala ordinal, una calificación de 4 a 0 a cada muestra, siendo 4 la mejor. Se

cuantificó el total de puntos obtenidos para cada muestra y los resultados obtenidos se analizaron con la prueba no paramétrica de Friedman con una significancia de 5% (91).

6.3.2 Experimento 2.

Se llevó a cabo en tres etapas:

Evaluación de parámetros productivos. Se utilizaron 120 gallinas Leghorn de 20. ciclo, distribuidas conforme a un diseño completamente al azar en 4 tratamientos con 3 repeticiones de 10 aves cada uno. Los tratamientos se asignaron aleatoriamente y consistieron en la incorporación de harina de langostilla en diferentes niveles (0,3,6 y 9%) a dietas prácticas sorgo-soya, sustituyendo parcialmente a la pasta de soya (Cuadro 8). Las dietas contaban con 15 ppm (100g) de xantofilas amarillas a partir de xantofilas hidrolizadas de flor de cempasúchil. Las dietas fueron isoprotéicas, cubriendo por cálculo las necesidades para gallinas señaladas por Cuca et al. (24). Las aves se alojaron en jaulas individuales para gallinas de postura durante las 6 semanas que duró el estudio. Agua y alimento se suministraron a libre acceso. El porcentaje de postura y el peso del huevo se midieron diariamente y se resumieron los datos cada 14 días junto con los de consumo de alimento y conversión alimenticia. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza de una sola vía, y cuando se detectaron diferencias estadísticas se empleó la prueba de Tukey con una significancia del 5% (85).

CUADRO 8

COMPOSICION DE LAS DIETAS PARA GALLINAS EN PRODUCCION

INGREDIENTES %	0%	3%	6%	9%
Sorgo (9.34%)*	68.56	68.57	68.63	68.76
Pasta soya (45.91%)*	21.12	18.83	16.49	14.08
Langostilla (35.11%)*	-	3.00	6.00	9.00
Ortofosfato de calcio	1.22	0.99	0.75	0.25
Carbonato de calcio	8.00	7.51	7.02	6.53
Aceite vegetal	0.17	0.17	0.17	0.17
Sal	0.40	0.40	0.40	0.40
DL-metionina	0.14	0.14	0.14	0.14
Vitaminas **	0.25	0.25	0.25	0.25
Minerales **	0.05	0.05	0.05	0.05
Pigmento amarillo ***	0.10	0.10	0.10	0.10
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00
Aporte calculado:				
Proteína cruda %	16.10	16.12	16.13	16.12
Calcio %	3.45	3.51	3.56	3.62
Fósforo disponible %	0.28	0.27	0.27	0.26
EM kcal/g	2.78	2.82	2.86	2.90
Xantof. amarillas ppm	15.00	15.00	15.00	15.00
Astaxantina ppm	-	4.6	8.5	12.9

* Contenido de proteína cruda

** Las mencionadas por Cuca et al. (24)

*** Ave Lut (15g/kg de xantofilas)

Medición del color. A los 21 días de iniciado el experimento, se midió la pigmentación de la yema en 12 huevos por tratamiento (0,3,6 y 9%) con el abanico colorimétrico de Roche 1989 (AB) y el colorímetro de reflectancia (CR) Minolta CR-200, las lecturas se hicieron sobre fondo blanco y con luz natural. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente con la prueba de Tukey y con una confianza del 95% (85).

Evaluación sensorial. Se empleó un método afectivo de preferencia (64,91) donde las características a evaluar fueron, el color de la yema y el color y sabor del huevo preparado (en forma de tortilla). Las pruebas se llevaron a cabo en cubículos individuales con luz blanca, en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del INNSZ. Participaron 60 jueces no entrenados (ambos sexos), consumidores habituales de productos avícolas a quienes se les presentó, junto con un cuestionario (Anexos 2 y 3):

- una charola con 4 yemas, una por tratamiento (0,3,6 y 9%), etiquetadas con los números aleatorios 836, 351, 997 y 420 respectivamente. El juez debía evaluar el color de cada yema y asignarle una calificación de 4 a 0, siendo 4 la mejor.
- un plato con 4 diferentes muestras de huevo preparado, acompañadas de pan y agua, que debían de consumir antes de probar cada muestra. Los números aleatorios asignados para cada tratamiento (0,3,6 y 9%) fueron 448, 034, 683 y 548

respectivamente*. En este caso se evaluó el color y sabor del huevo preparado y las calificaciones iban de 4 (la mejor) a 0 (la que más desagradaba). Se cuantificó el total de puntos obtenidos por muestra y los resultados obtenidos se analizaron con la prueba no paramétrica de Friedman (91).

* en cada prueba sensorial se asignaron números aleatorios diferentes para que los jueces no asociaran los números de una prueba con la siguiente.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Composición química

En el Cuadro 9 se observa que en el análisis químico aproximado, la fracción mas abundante resultó ser la proteína cruda. Esto posiblemente se debe al habitat alimenticio omnívoro de la langostilla y a que, a diferencia de los animales domésticos terrestres, prefieren usar a la proteína como fuente primaria de energía que a los carbohidratos (25). El contenido de proteína cruda cae dentro de los valores informados por Castro (35.9-41.2%) (23), pero es inferior a los mencionados por otros autores (Cuadro 1).

La langostilla estudiada presentó un alto contenido de cenizas (Cuadro 9), similar a lo publicado por otros autores (23,32,68). Esto es muy común en casi todos los organismos marinos, resultado seguramente del medio marino en que se desarrollan y la habilidad de absorber minerales del agua en adición a los ingeridos (26,70).

En cuanto al extracto etéreo se puede decir que el contenido es alto (Cuadro 9), en relación a lo mencionado por otros autores (Cuadro 1); sin embargo, concuerda con lo citado por Carrillo et al. (22) en el sentido de que, en el verano (época en que se realizó la colecta) hay una mayor presencia de lípidos y energía bruta, debido probablemente al almacenamiento de fuentes energéticas en las hembras como preparación a la

CUADRO 9

ANALISIS QUIMICO APROXIMADO DE LA LANGOSTILLA
(g/100g)

FRACCION	BASE HUMEDA	BASE SECA
Humedad	5.49 ± 0.32	-
Proteína cruda	35.11 ± 0.07	37.14
Cenizas	29.46 ± 0.29	31.16
Extracto etéreo	16.11 ± 0.03	17.04
Carbohidratos	13.83	14.64

reproducción. Como se mencionó anteriormente (Cuadro 2), la mayor parte de los ácidos grasos (AG) que constituyen a los lípidos de la langostilla son insaturados, principalmente los AG 20:5 (EPA) y 22:6 (DHA) de la serie linolénica (omega-3) (68,84). Esto es común en casi todos los crustáceos y peces marinos debido a que su dieta, conformada por zooplancton y fitoplancton es rica en ácidos grasos insaturados (1,25,35). La presencia de estos AG resulta de gran interés en tres aspectos:

- a) Para los crustáceos. Porque les permite tener una mayor fluidez, flexibilidad y permeabilidad de la membrana a bajas temperaturas, de hecho al disminuir la temperatura del agua hay una mayor incorporación de ácidos grasos poliinsaturados en los tejidos (25).
- b) Para los humanos. Por los efectos antitrombóticos y antitumorales y por la reducción en los niveles de colesterol sanguíneo entre otros beneficios (19,41,50,60).
- c) Para las aves. Se sabe que la composición en ácidos grasos

en la canal de las aves es controlada por el tipo y cantidad de grasa dietaria, por lo que al adicionar estos AG en la dieta de los pollos de engorda, la porción lipídica de la carne y la grasa del pollo pueden ser enriquecidas con este tipo de AGW-3 (2,67). Por otra parte, algunos investigadores (58) realizaron un experimento en el que adicionaron aceite de pescado a la dieta de las gallinas, enriqueciendo de este modo los huevos, que al ser consumidos disminuyeron en los individuos la concentración de triglicéridos y colesterol en plasma así como la presión sanguínea.

En la fracción de los carbohidratos se incluye al extracto libre de nitrógeno, constituido por azúcares solubles como la glucosa que actúa como una fuente suplementaria de energía en los crustáceos; y a compuestos de estructura compleja como la quitina (25).

Del total de **energía bruta** presente en la langostilla (3.999 ± 0.04 kcal/g), se obtuvo un valor de **energía metabolizable verdadera** (EMV) de 3.141 kcal/g (13.4 Kj/g), cantidad superior a la reportada para la harina de cangrejo (0.756 kcal/g), harina de camarón (1.386 kcal/g), harina de carne (2.725 kcal/g) y harina de soya (3.059 kcal/g) (82), lo que indica que solo 22% de la energía presente en este decápodo es eliminada en las excretas y el resto (EMV) es realmente aprovechado por el ave para diversas funciones metabólicas.

Ahora bien, mientras que en las aves la principal fuente de energía son los carbohidratos y las grasas de los alimentos, en los crustáceos la energía se obtiene principalmente a partir del catabolismo de las proteínas. Esto lo explica el hecho de que el metabolismo energético en estos organismos es diferente al de los animales terrestres en dos importantes aspectos:

- a) en contraste con los animales de sangre caliente, los crustáceos son ectotermos acuáticos y por tanto no necesitan expandir o gastar energía en mantener una temperatura corporal arriba de los 37°C, por tanto tienen menores requerimientos de energía de mantenimiento que los animales terrestres.
- b) los crustáceos son capaces de obtener 10-20% más energía del catabolismo de proteínas que los animales terrestres, pues no necesitan convertir el amoníaco (producto final del catabolismo de proteínas) en sustancias menos tóxicas (ej. urea o ácido úrico) para ser excretado (25).

Ese amoníaco junto con la quitina, se contabiliza dentro del nitrógeno de origen no proteico que representa el 23% del nitrógeno total (Cuadro 10), reduciéndose a 77% el contenido del nitrógeno que sí es proteico y consecuentemente el valor de la **proteína** considerada como **verdadera** se reduce a 27%, valor superior al encontrado por Castro (23)(22.5-26.3%). De cualquier manera a la langostilla se le puede considerar como un ingrediente proteínico.

CUADRO 10

BALANCE DE NITROGENO EN LA LANGOSTILLA
(g/100g del ingrediente)

FUENTE	%
Nitrógeno total	5.62
Nitrógeno no proteico	1.30
nitrógeno de quitina	0.55
nitrógeno amoniacal	0.43
nitrógeno de otra fuente	0.33
Nitrógeno proteico	4.32

Por su estructura química, a la quitina se le considera dentro de los carbohidratos complejos por ser un material fibroso e indigerible para las aves (79) y por otra parte, su contenido de nitrógeno se contabiliza dentro del nitrógeno no proteico como se aprecia en el Cuadro 10. Sin embargo, en forma global esta fracción del exoesqueleto de los crustáceos, resultó estar presente en una cantidad de 8.92 ± 0.41 , valor menor al señalado por otros autores (Cuadro 1).

En el exoesqueleto de los crustáceos, no solo está presente la quitina sino también abundante material inorgánico, siendo los minerales Ca, Mg y K los que se encuentran en las concentraciones más altas (Cuadro 11). Esto posiblemente se deba a que el Ca y el Mg son componentes esenciales del exoesqueleto de los crustáceos. El Ca junto con los fosfolípidos juega un papel importante en la regulación de

CUADRO 11

CONTENIDO DE MINERALES EN LA LANGOSTILLA

MINERAL	%
Calcio	9.97 ± 0.51
Fósforo	1.41 ± 0.05
Sodio	1.48 ± 0.09
Potasio	7.04 ± 0.11
Magnesio	12.13 ± 0.96
Cobre	0.03 ± 0.04
Zinc	0.03 ± 0.00

la permeabilidad de la membrana y consecuentemente sobre la entrada de nutrientes a la célula (14,25). La harina de cangrejo tiene aproximadamente de 10-20% de Ca (25). El P es también un componente importante del caparazón aunque su concentración es mucho menor que la del Ca; su contenido, está dentro del intervalo hallado en algunas harinas de crustáceos (2-5%) (25). Aunque el Na se encuentra en proporción menor en relación a los anteriores, se puede considerar a la langostilla una muy buena fuente de este macromineral. El Cu y el Zn son considerados minerales traza esenciales para estos organismos. Los crustáceos decápodos absorben los metales traza a partir de fuentes alimenticias y adicionalmente a través de superficies corporales permeables, sin olvidar los mecanismos de transporte activo. Las estrategias de acumulación de estos minerales en los decápodos, varían dependiendo del metal y de la especie. El Zn acumulado permanece en forma metabólicamente disponible (70).

Es importante mencionar que la presencia de quitina, así como el alto contenido de material inorgánico, presentes en el exoesqueleto, posiblemente afectaron la **digestibilidad de la proteína**, la cual aparentemente fue baja ($71.36\% \pm 0.13$); aunque se debe considerar que esta prueba fue determinada in vitro. Sin embargo, aun cuando la técnica multienzimática está muy lejos de reproducir perfectamente las condiciones fisiológicas de la digestión en las aves, puede servir como un estimador de digestibilidad suministrando una mayor información respecto a la calidad de la proteína de un ingrediente (10). El valor de digestibilidad obtenido resultó similar al mencionado por Castro (70%) (23) para este mismo organismo, sometido a los procesos de escaldado y escaldado-prensado ($90^{\circ}\text{C}/5 \text{ min}$).

Ahora bien, para evaluar la calidad de una proteína es muy importante conocer la composición de aminoácidos, en este caso el perfil aminoacídico de la harina de langostilla procesada se muestra en el Cuadro 12, notándose que en lo que respecta a los aminoácidos indispensables para las aves, estos se encuentran en cantidades menores a los indicados por Gallardo y Spinelli (Cuadro 3) para este mismo organismo, pero similar a los obtenidos por Castro para langostilla capturada en la misma zona, pero que solo fue congelada (Cuadro 12). De acuerdo a la fórmula propuesta por la FAO (26) y que sirve para obtener la cuenta química (CQ) o score químico, los aminoácidos limitantes de la langostilla resultaron ser la cistina y la metionina.

mg de AA en 1g de proteína problema

CQ de AA = ----- X 100

mg de AA en 1g de la proteína de referencia

En este caso la referencia tomada fueron las necesidades de aminoácidos indispensables del pollo de engorda y gallinas ponedoras (57).

CUADRO 12

COMPOSICION AMINOACIDICA DE LA PROTEINA DE LANGOSTILLA (g/100g proteína cruda)

AMINOACIDO	A	B	C	D
Metionina	1.66	2.20	2.00	1.72
Cistina	1.12	1.40	0.80	0.84
Met + Cis	2.78	3.60	2.80	2.56
Lisina	4.91	6.10	6.60	4.63
Treonina	3.39	5.40	3.90	3.69
Arginina	3.95	7.20	7.60	5.35
Valina	4.73	5.50	7.90	4.60
Leucina	5.29	6.60	5.90	5.54
Isoleucina	3.49	3.70	3.60	3.37
Histidina	2.25	3.40	2.60	2.50
Glicina	5.71	6.30	6.00	5.65
Serina	3.31	5.50	3.90	3.57

FUENTE: A- Castro (23)

C- Spinelli *et al.* (84)

B- Gallardo (32)

D- Presente estudio

Actualmente se formulan las dietas de las aves con base en el contenido total de aminoácidos (AA) (57,62) asumiéndose que, en

general, los AA tienen una disponibilidad* de 80-90%. En el Cuadro 13 se muestra la digestibilidad verdadera in vivo de los aminoácidos de la langostilla, procesada en la reductora de harina de pescado, resultando ser muy buena (83% en promedio) a excepción de la cistina. Esto es importante, ya que hay múltiples factores que pueden reducirla, siendo los más comunes las condiciones de procesamiento de la materia prima, la presencia de compuestos antinutricionales, la composición química y física de la proteína y el nivel de fibra (57,61,62). Respecto a la cistina, se sabe que, junto con la lisina son los AA mas susceptibles a los efectos del procesamiento adverso, siendo precursores de la lantionina y la lisinoalanina respectivamente, compuestos que con frecuencia se forman durante el cocimiento y el tratamiento alcalino de los alimentos, por lo que la disponibilidad de estos AA resulta ser parcial o totalmente nula (61,62,38). Sin embargo, los valores de lisina, metionina, cistina, treonina, arginina y valina de la langostilla están dentro de los intervalos obtenidos por Parsons (62) para la harina de pescado y que se muestran en el mismo Cuadro 13. Es necesario recalcar que los valores de digestibilidad para los mismos aminoácidos entre diversas muestras de un mismo ingrediente pueden variar por el procesado en 20 o más unidades porcentuales, principalmente en las

* Disponibilidad se emplea como sinónimo de digestibilidad; sin embargo, el término incluye los procesos de digestión, absorción y metabolismo; mientras que la digestibilidad solo mide la digestión.

CUADRO 13

COEFICIENTES EN % DE DIGESTIBILIDAD VERDADERA EN LOS AMINOACIDOS DE LA LANGOSTILLA EN COMPARACION CON EL DE OTRAS FUENTES PROTEICAS

AMINOACIDO	LANGOSTILLA	HARINA PESCADO	HARINA CARNE	HARINA PLUMAS	SUBPROD. AVES	PASTA SOYA
Metionina	91	76-96	68-94	52-84	70-91	88-95
Cistina	66	42-85	30-91	41-72	41-77	75-92
Lisina	87	66-94	45-89	34-74	68-89	85-94
Treonina	82	66-94	48-96	60-80	70-86	85-92
Arginina	88	80-96	63-95	68-88	81-93	86-96
Valina	83	69-95	52-94	70-86	74-89	86-94

FUENTE: ¹ Presente estudio
² Parsons (62)

proteínas de origen animal. En el mismo Cuadro 13, se aprecia que el coeficiente de digestibilidad verdadera de la cistina es casi siempre el más bajo. Sin embargo, es posible mejorar la digestibilidad de los AA, de la harina de langostilla, en especial la cistina, si se ejerce un mejor control en la temperatura, al pasar la materia prima por el cilindro de secado y sí se realiza un tamizado de la harina, para descartar en lo posible la fracción quitinosa.

La cantidad de **astaxantina** encontrada en la langostilla procesada (12 mg/100g), está dentro de las concentraciones halladas por Spinelli (10-16mg/100g) (86) y resultó superior a la señalada por Wilkie (8.3-9.9 mg/100g) (92). Siendo importante señalar que las cantidades dadas por estos dos autores comprenden el total de los carotenoides presentes en la langostilla; sin embargo, como se sabe que el 95% está constituido por astaxantina (75,76,84,86,92), se puede decir que en el presente estudio la cantidad de pigmento rojo fue menor en un caso, pero mayor respecto a lo encontrado por el otro autor. Esto coincide con los hallazgos obtenidos en algunos crustáceos peneidos donde aproximadamente 65 a 98% del total de carotenoides es astaxantina, de la cual 83.3-95.4% está en forma esterificada, mientras que solamente 3-14% se encontró en la forma libre (76,92). La concentración total de este carotenoide en varios animales es de 60-500 mg/kg, siendo este rango muy amplio debido a diversos factores que influyen sobre

la concentración del pigmento en los crustáceos. Es importante mencionar que la amplia variación que existe entre los diversos autores en cuanto a la composición química de la langostilla, se debe a diversos factores bióticos (temperatura, oxígeno) y abióticos (zona de captura, profundidad, época del año, estado reproductivo) a que está sujeto este organismo.

7.2 Fase Experimental

7.2.1 Experimento 1

Parámetros de producción. En el Cuadro 14 se observa que no se detectaron diferencias estadísticas ($P>.05$) entre los cuatro tratamientos, para ninguno de los parámetros productivos en los pollos de engorda; lo que indica que se puede sustituir a la pasta de soya por harina de langostilla hasta en 9% sin afectar el balanceo de las dietas y sin provocar efectos nocivos al ave. También se puede decir que la conversión alimenticia en los cuatro tratamientos fue buena si se toma en cuenta que el valor ideal en el pollo de engorda es de 2.1 (20,80).

Medición del color. En la Figura 5 se observa que al hacer la lectura de los tarsos con el AB, no se detectaron diferencias significativas ($P>0.05$) entre los 4 tratamientos, no obstante que numéricamente (6.7, 6.5, 7.0 y 7.3) se observa tendencia a un valor más alto con 6 y 9% de langostilla. Como era de esperarse con el CR, en el amarillamiento (b*) no se detectaron diferencias entre tratamientos; pero sí en el

CUADRO 14

CONSUMO DE ALIMENTO, GANANCIA DE PESO Y CONVERSION ALIMENTICIA EN POLLOS DE ENGORDA ALIMENTADOS CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSION DE LANGOSTILLA HASTA LAS SIETE SEMANAS DE EDAD

TRATAMIENTO	CONSUMO DE ALIMENTO (kg)	GANANCIA DE PESO (kg)	CONVERSION ALIMENTICIA
0	4.07 ± 0.18	1.97 ± 0.12	2.07 ± 0.08
3	3.87 ± 0.24	1.97 ± 0.07	1.96 ± 0.07
6	4.04 ± 0.27	2.15 ± 0.22	1.88 ± 0.07
9	3.75 ± 0.19	1.96 ± 0.04	1.91 ± 0.10

En cada columna no se detectaron diferencias estadísticas (P>0.05)

enrojecimiento(a*), donde el grupo experimental con 9% es el que tuvo mayor concentración de pigmento rojo (Cuadro 15 y Figura 5).

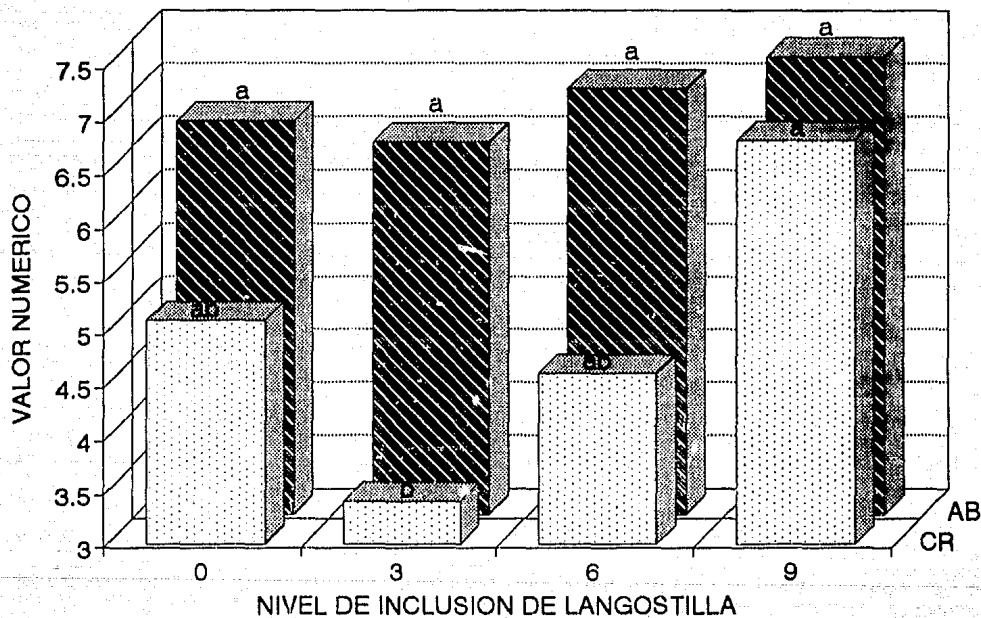
CUADRO 15

EVALUACION DEL COLOR EN TARSOS CON EL COLORIMETRO DE REFLECTANCIA

TRATAMIENTOS	L*	a*	b*
0	67.26 ± 2.47 ^a	+5.06 ± 1.57 ^{ab}	+54.74 ± 5.80 ^a
3	68.47 ± 2.20 ^a	+3.40 ± 1.47 ^b	+56.92 ± 6.00 ^a
6	66.60 ± 3.40 ^a	+4.59 ± 1.68 ^{ab}	+55.07 ± 3.80 ^a
9	66.59 ± 2.93 ^a	+6.76 ± 1.28 ^a	+50.56 ± 3.90 ^a

^{a,b} En cada columna literales distintas indican diferencias estadísticas (P<0.05).

FIG.5 COLOR EN TARSOS CON EL ABANICO ROCHE Y EL COLORIMETRO DE REFLECTANCIA



a,b En cada metodo literales distintas indican diferencias estadisticas ($P < 0.05$)

Por otra parte, la piel de la pechuga mostró diferencia en el amarillamiento entre los tratamientos con 6 y 9% siendo menor en el primero y mayor en el segundo; pero en el enrojecimiento no existieron diferencias entre los 4 tratamientos ($P>0.05$) (Cuadro 16 y Fig.6).

CUADRO 16

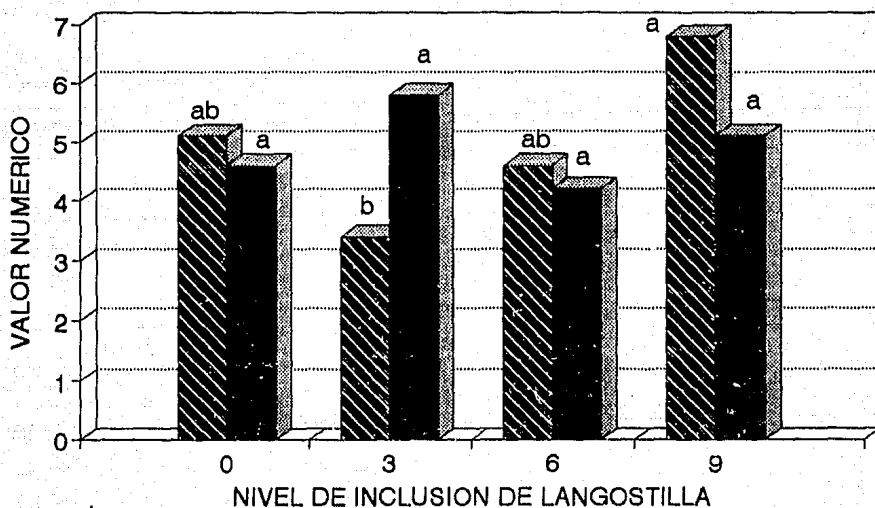
EVALUACION DEL COLOR EN LA PIEL DE LA PECHUGA CON
EL COLORIMETRO DE REFLECTANCIA

TRATAMIENTOS	L*	a*	b*
0	66.86 ± 0.73 ^a	+4.56 ± 1.15 ^a	+44.44 ± 1.53 ^{ab}
3	66.81 ± 0.96 ^a	+5.79 ± 1.64 ^a	+45.20 ± 2.04 ^{ab}
6	68.16 ± 2.50 ^a	+4.21 ± 2.29 ^a	+42.16 ± 3.54 ^b
9	67.45 ± 1.64 ^a	+5.14 ± 1.02 ^a	+47.18 ± 1.50 ^a

^{a,b} En cada columna literales distintas indican diferencias estadísticas ($P<0.05$)

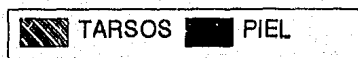
Sin embargo, tanto en los tarsos como en la piel los valores de enrojecimiento son erráticos, como se puede apreciar al ubicar tales valores en la carta de colores del CR (Fig.3). Estos resultados de bajo valor pigmentante rojo concuerdan con las pruebas realizadas por investigadores de Hoffman-La Roche en pollos de engorda (38,39) y donde hallaron que 94% de la astaxantina fue eliminada, una pequeña parte (0.4%) fue depositada en piel y 5.6% en otros tejidos. Por tanto, los distintos carotenoides presentes en el alimento son depositados en los tejidos blanco (tarsos, piel, yema y grasa subcutánea) en diferentes proporciones (12,38,39).

FIG.6 ENROJECIMIENTO (a*) EN TARSOS Y PIEL CON EL COLORIMETRO DE REFLECTANCIA



a,b

En cada tejido, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

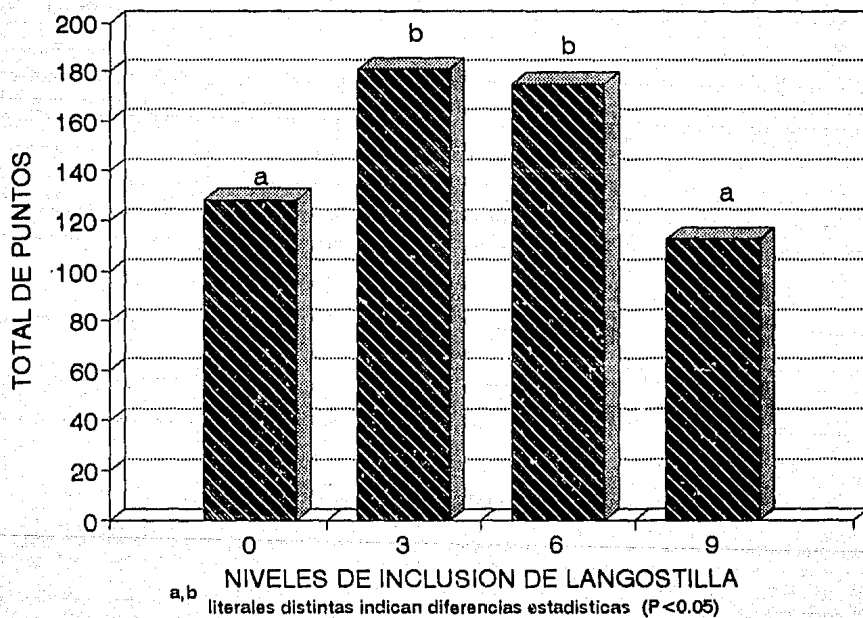


Evaluación sensorial. Respecto a la calificación por el sabor, dada a las 4 muestras de carne, se puede decir que la carne de los tratamientos con 3 y 6% de langostilla fueron las que mejor calificación obtuvieron (Figura 7) no habiendo diferencias entre ellas ($P>0.05$), pero sí con respecto a los tratamientos con 0 y 9%. Estos dos grupos (0 y 9%) presentaron las calificaciones mas bajas debido a que, de los 60 jueces que participaron en la prueba, a 43% les pareció insípido el sabor de la carne del tratamiento testigo, mientras que 34% detectó un sabor desagradable o a pescado en la carne del tratamiento con 9%.

7.2.2 Experimento 2

Parámetros productivos. Los resultados obtenidos para porcentaje de postura, consumo de alimento, peso del huevo y conversión alimenticia no mostraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los 4 tratamientos (Cuadro 17); lo que indica que en las raciones para gallinas en producción se puede emplear a la harina de langostilla como ingrediente proteínico, sustituyendo a la pasta de soya hasta en un 9% sin detrimento de los parámetros productivos evaluados. La conversión alimenticia obtenida en los 4 casos es inferior al valor considerado como ideal (2.0)(80), posiblemente porque en este experimento se emplearon gallinas en el 2o. ciclo de producción.

FIG.7 PUNTOS OBTENIDOS PARA EL SABOR DE LA CARNE DE POLLO



CUADRO 17

PORCENTAJE DE POSTURA, CONSUMO DE ALIMENTO, PESO DEL HUEVO Y CONVERSION ALIMENTICIA EN GALLINAS ALIMENTADAS CON DIFERENTES NIVELES DE INCLUSION DE LANGOSTILLA DURANTE SEIS SEMANAS

TRATAMIENTO	PORCENTAJE DE POSTURA	CONSUMO ALIMENTO AVE/DIA (g)	PESO DEL HUEVO (g)	CONVERSION ALIMENTICIA
0	69.67	113.1	66.40	2.47
3	73.39	113.9	65.80	2.38
6	68.08	112.7	67.00	2.50
9	68.05	107.9	66.60	2.41

Para cada columna no existen diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Medición del color. En la Fig.8 se hace evidente que este pigmento rojo es mejor depositado en la yema que en los tarsos y piel del pollo de engorda, y aunque parece ser que en gallinas ponedoras la deposición de astaxantina en yema de huevo es mucho mas baja (14%) que la cantaxantina (30-45%), según experimentos realizados por investigadores de Hoffmann-La Roche (39); los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo para la yema de huevo son buenos, ya que con con el AB se obtuvieron valores de 13 para las yemas del tratamiento con 3%, valor que cae dentro del intervalo de preferencia del público consumidor (Cuadro 5); y de 14 para las yemas de los tratamientos con 6 y 9% (Fig.9), valor que corresponde a un color naranja intenso (el valor máximo en el AB es de 15) y que podría ser de interés para fábricas de productos tales como

FIG.8 ENROJECIMIENTO DE TARSOS, PIEL Y YEMA MEDIDOS CON EL COLORIMETRO

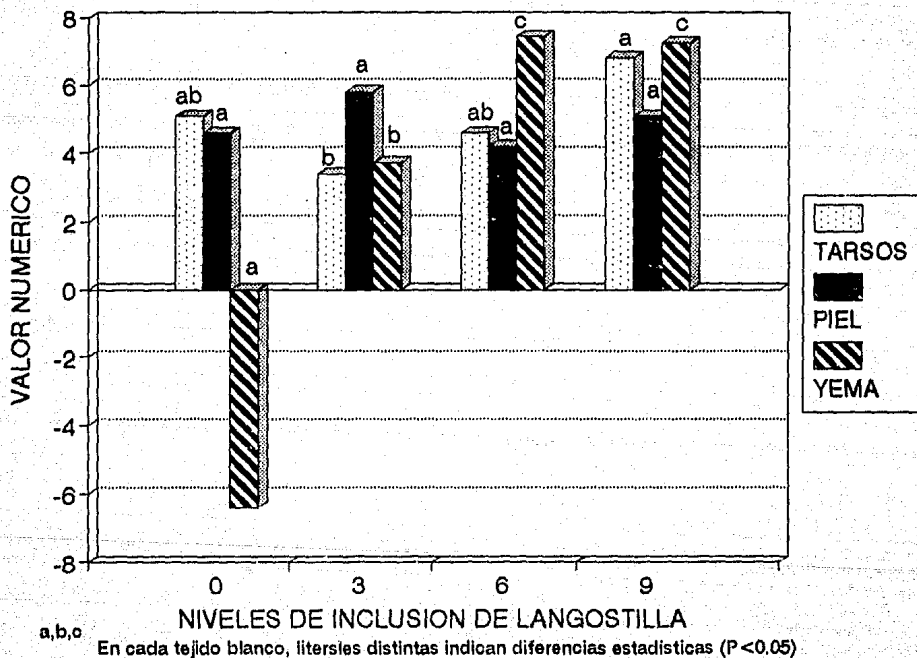
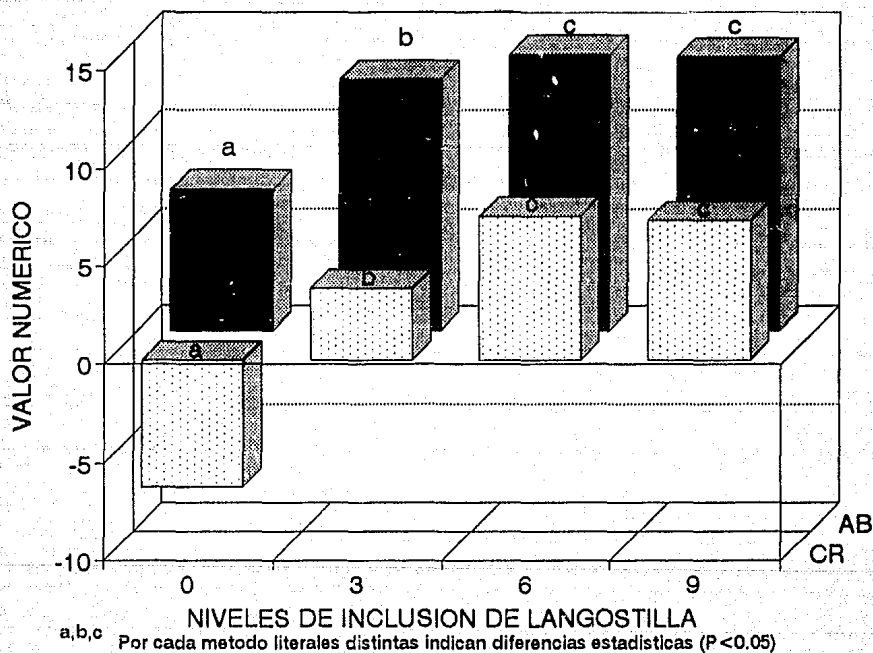


FIG.9 COLOR EN YEMA CON EL ABANICO ROCHE Y EL COLORIMETRO DE REFLECTANCIA



mayonesa, pastas y ciertos productos de repostería que requieren de yemas más oscuras (intensamente pigmentadas). El mismo comportamiento se observó al medir el enrojecimiento de la yema con el CR (Fig.9 y Cuadro 18) lo que sugiere que, aun cuando la langostilla en su mayor parte esta en forma esterificada, es una buena fuente de pigmento rojo para la yema. Es interesante hacer notar que, aun al evaluar el enrojecimiento con dos diferentes métodos, no hubo diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los tratamientos con 6 y 9% de langostilla, pudiendo deberse esto a que cuando se agrega mucho pigmento hay una saturación y llega el momento en que la coloración ya no se incrementa sino que se estabiliza. De manera que si lo que se desea es dar coloración amarillo-naranja a la yema, no conviene agregar mas del 6% de langostilla en la ración.

CUADRO 18

VALORES PROMEDIO DEL COLOR DE LA YEMA EVALUADA CON EL COLORIMETRO DE REFLECTANCIA EN GALLINAS ALIMENTADAS CON LANGOSTILLA

TRATAMIENTOS	L*	a*	b*
0	61.55 ± 2.01 ^a	-6.39 ± 0.83 ^a	+44.91 ± 2.25 ^a
3	57.85 ± 1.67 ^b	+3.73 ± 2.02 ^b	+43.28 ± 2.68 ^{ac}
6	55.67 ± 1.56 ^c	+7.43 ± 0.46 ^c	+40.16 ± 1.61 ^b
9	57.02 ± 3.03 ^{bc}	+7.23 ± 0.94 ^c	+41.36 ± 1.91 ^{bc}

^{a, b, c} En cada columna literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

Otro aspecto importante a señalar en este renglón es que, con la coloración que se obtuvo en las yemas posiblemente tuvo que ver el alto contenido de grasa presente en la langostilla (16.1%), pues se ha visto que el contenido de grasa en la dieta es importante para una buena deposición de pigmento, sobre todo si predominan los ácidos grasos insaturados (36,38,39,69,73,74,90).

En el Cuadro 19 se pueden apreciar las diferentes concentraciones y combinaciones de pigmentos amarillos con rojos que se han venido empleando y que se emplearon en el presente estudio, así como los valores obtenidos en dichos estudios con el AB y CR. Constantemente hay que determinar los niveles económicamente óptimos de oxicarotenoides en las dietas de las ponedoras para obtener el color requerido, debido a la variación en la concentración y disponibilidad de los oxicarotenoides en los distintos ingredientes así como a los efectos de diversos factores (42). De manera que el pigmento a usar dependerá de la estabilidad en los resultados y su costo, y la cantidad a combinar dependerá de (69):

- a) el estrato del mercado al que este dirigido
- b) la disponibilidad y precio de los ingredientes.

Evaluación sensorial. El total de puntos obtenidos en la calificación para el color de la yema y del huevo preparado se muestran en la Fig.10. Donde se puede notar, que aparentemente

CUADRO 19

DIFERENTES CONCENTRACIONES Y COMBINACIONES DE XANTOFILAS
AMARILLAS CON ROJAS EMPLEADAS EN DIETAS PARA PONEADORAS

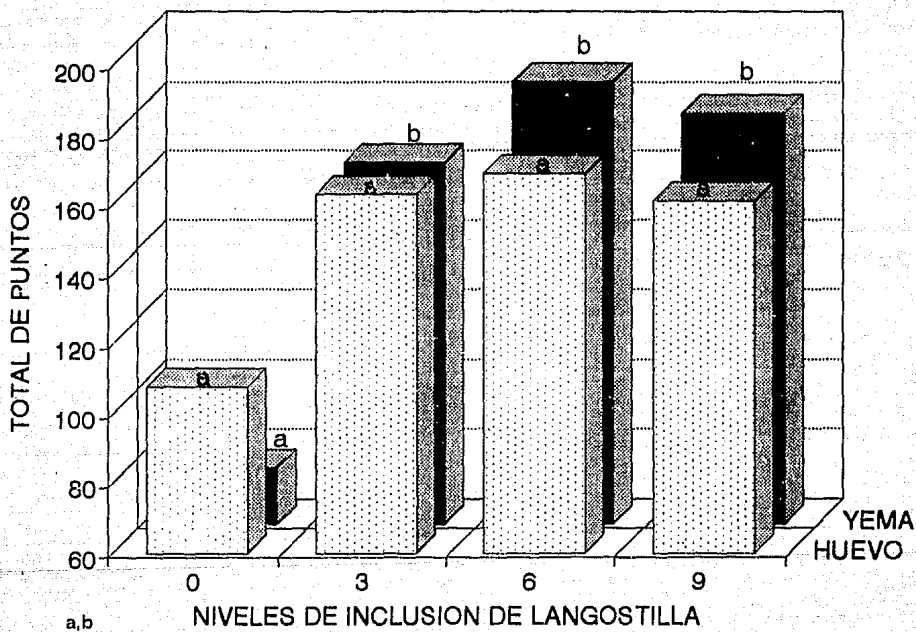
XANTOFILAS AMARILLAS ppm	XANTOFILAS ROJAS ppm	VALOR EN EL ABANICO ROCHE	VALOR DE a* CON CR-MINOLTA
^a 15	0.0	7.3	-6.39
^a 15	4.6	12.8	+3.73
^a 15	8.5	14.1	+7.43
^a 15	12.9	14.0	+7.23
^b 12	0.0	6.3	-5.47
^b 12	1.5	10.6	+1.37
^b 12	3.0	12.5	+5.21
^b 18	0.0	7.3	+4.44
^b 18	1.5	11.0	+1.37
^b 18	3.0	12.3	+4.69

^a Presente estudio

^b Becerril (13).

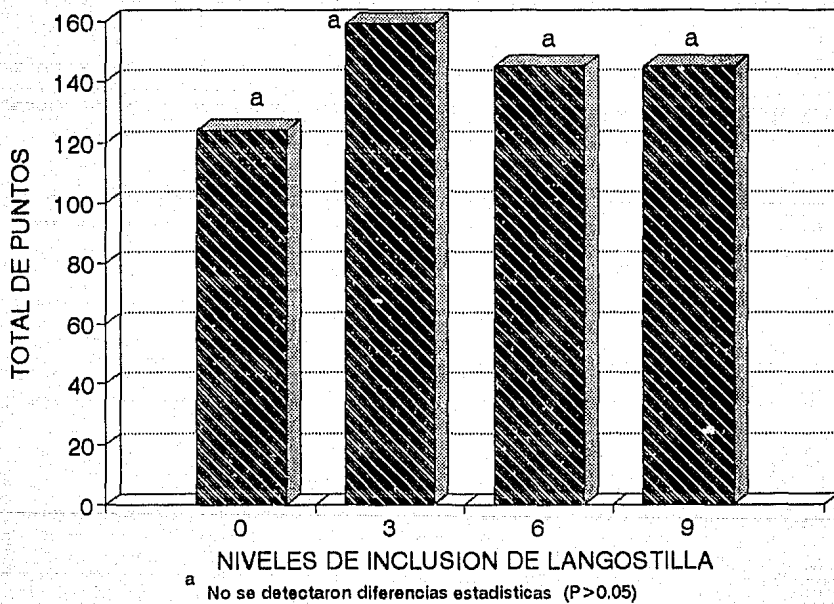
aparentemente hubo una preferencia por el tratamiento con 6%; sin embargo, para los dos casos no se detectaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre tratamientos experimentales (3, 6 y 9%) pero sí entre éstos y el testigo ($P < 0.05$). En cuanto al sabor del huevo el tratamiento con 3% mostró numéricamente la mayor calificación (Fig.11), pero estadísticamente no se detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre los 4 tratamientos. Algunos datos interesantes que se observaron en esta prueba son: 23% de los jueces notaron que el huevo de los tratamientos con 6 y 9% tenía un sabor desagradable, 5% detectaron sabor a pescado en el tratamiento con 6%, y 5% lo

FIG.10 PREFERENCIA POR EL COLOR DE LA YEMA Y DEL HUEVO PREPARADO



En cada producto literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

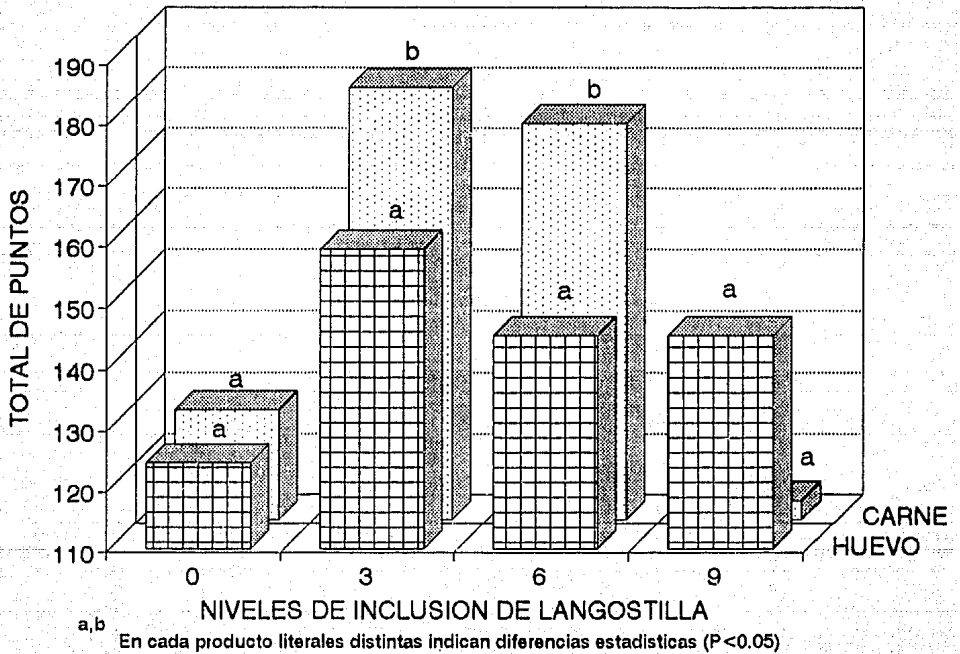
FIG.11 PREFERENCIA POR EL SABOR DEL HUEVO



detectó en el tratamiento con 9%; sin embargo, estas observaciones deben ser tomadas con reserva pues estadísticamente no resultaron ser significativas. El que solo un pequeño grupo de panelistas haya detectado el sabor a pescado en el producto pudo deberse a que los niveles de inclusión de langostilla empleados en el estudio fueron bajos, ya que en un experimento (83) en el que se incorporó harina de krill (Euphasia superba) en raciones para gallinas, en niveles de 12.58 y 11.53% del total de la ración, sustituyendo al almidón, se realizó una prueba de evaluación sensorial donde la mayoría de los panelistas detectaron sabor y olor a pescado en el huevo. Es interesante recordar que en la evaluación del sabor de la carne de pollo realizada en el Experimento 1, los jueces detectaron sabor a pescado en la carne del tratamiento con 9% (Fig.12) mientras que en el huevo no sucedió así, aunque se emplearon los mismos niveles de inclusión de langostilla; posiblemente esto se debió a que la carne se coció en agua, sin ningún sazónador y además no se eliminó la grasa que se soltaba en el caldo. Por otra parte, el huevo se preparó en forma de tortilla española, sin ningún sazónador pero con un poquito de aceite lo que tal vez enmascaró el sabor a pescado.

Estas evaluaciones son de gran importancia si se considera que en México, cada día hay una mayor tendencia al consumo de productos avícolas debido a que (27):

FIG.12 PREFERENCIA POR EL SABOR DE LA CARNE DE POLLO Y DEL HUEVO PREPARADO



- a) de los alimentos de origen animal ricos en proteína, estos resultan ser de los más baratos.
- b) su preparación para el consumo directo es fácil y rápida.
- c) el huevo constituye, por tradición cultural culinaria, el elemento básico para preparar un sinúmero de platillos, guisados, postres y dulces.
- d) procesado el huevo en su forma natural es insumo fundamental para muchas industrias alimentarias.

Por otra parte, el considerable interés mundial despertado en los últimos años por los colorantes naturales, la creciente demanda por un lado y por el otro que algunos organismos internacionales han prohibido el uso de pigmentos rojos y amarillos de origen químico, lleva a buscar alternativas biotecnológicas de obtención y producción de colorantes naturales. Por tanto, siendo México un país privilegiado, en cuanto a recursos marinos, es preciso hacer un uso adecuado de ellos y aprovechar sobre todo la fauna de acompañamiento, como la langostilla, conociendo ya los beneficios que aporta en forma directa a las industrias pecuarias y en forma indirecta a la población humana.

VIII. CONCLUSIONES

8.1 La langostilla capturada en verano y procesada en una reductora de harina, resultó ser un ingrediente proteínico de buena calidad que puede ser empleado en las raciones para pollo de engorda y gallinas ponedoras, sin ocasionar efectos detrimentales en los parámetros productivos de estas aves.

8.2 En el caso de los pollos de engorda, la inclusión de langostilla en las raciones no mejoró la pigmentación en los tarsos y piel de la pechuga.

8.3 La incorporación de langostilla en niveles de 3,6 y 9% a raciones para gallinas ponedoras produjo buena pigmentación amarillo-naranja en la yema.

8.4 No se recomienda incluir en la ración niveles superiores al 6% de langostilla cuando se tiene como objetivo obtener un color amarillo-naranja en la yema, ya que aun cuando se incrementa el nivel de inclusión de la langostilla, por ende el de la astaxantina, el color no aumenta demasiado.

8.5 Por el sabor, los jueces prefirieron la carne de los tratamientos con 3 y 6 %, pero en cuanto al sabor del huevo no hubo diferencia entre los 4 tratamientos.

8.6 En cuanto a la preferencia por el color de la yema y del huevo preparado, no hubo diferencia entre los 3 grupos experimentales de langostilla (3,6 y 9%) y el testigo.

IX. RECOMENDACIONES

9.1 Aunque parece ser que la langostilla es una buena fuente de pigmento rojo (astaxantina), se recomienda realizar más estudios que permitan conocer su estabilidad como tal, así como determinar el mejor proceso que conserve esta propiedad pigmentante.

9.2 Si se desea conocer el comportamiento real en el mercado de estos productos avícolas, es necesario efectuar la prueba de evaluación sensorial en un grupo representativo de la población consumidora.

9.3 México posee vastos recursos marinos que pueden aportar innumerables beneficios, por lo que se recomienda dar un uso mas extenso de ellos en la nutrición humana y animal.

X. LITERATURA CITADA

1. Ackman, R.G.: Fish lipids. Part.1. In: Advances in Fish Science and Technology. Edited by: Connell, J.J., 86-103. Fishing News Books Ltd, England, 1980.
2. Ajuyah, A.O., Dee, K.H., Eardin, R.T. and Sim, J.S.: Changes in the yield and in the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed-full oil seeds. Poultry Sci. 70:2304-2314 (1991).
3. Alonso, S.M.: Aditivos y pigmentantes. En: Manual de Aditivos y Suplementos para la Alimentación Animal. Editado por: Necochea, R.R., Márquez M.L., 75-80. 2a. Edición. Manual Agropecuario, México, 1987.
4. Alvarifño, A.: Distribución batimétrica de Pleuroncodes planipes Stimpson (Crustacea: Galateido). En: Memorias del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones. Guaymas, Sonora, México. 1976. pp.266-281. Instituto Nacional de Pesca, México (1976).
5. Arvizu-Martínez, J., García, R.E. y Morales, A.I.: Estudio preliminar sobre la langostilla Pleuroncodes planipes Stimpson (Crustacea: Galateidae) de la costa occidental de Baja California y golfo de California. Serie Científica. INP/SC:1

Secretaría de Industria y Comercio, Subsecretaría de Pesca, Inst.Nac.de Pesca. México (1974).

6. A.O.A.C.: Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. 15th, Ed. Association of Oficial Analytical Chemists. Washington, D.C., 1990.

7. Auriolles,G.D.: Inshore-offshore movements of pelagic Red Crabs Pleuroncodes planipes of the pacific coast of Baja California Sur, México. Crustaceana 62:71-84 (1992).

8. Auriolles-Gamboa,D.: Distribución y abundancia de la langostilla bentónica (Pleuroncodes planipes) en la plataforma continental de la costa oeste de Baja California. En: La Langostilla: Recurso Potencial de México. Editado por Auriolles,G.D. Capítulo 4. Publicación especial del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur(en prensa). México, 1993.

9. Avila,G.E.: La Alimentación de las Aves. 2a. edición, Trillas, México, D.F., 1990.

10. Avila,P.N.E.: Comparación de métodos para estimar la disponibilidad de aminoácidos en pastas de soya y harinas de pescado. Tesis de maestría. Fac. de Est.Sup.Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1991.

11. Bauernfeind, J.C.: Carotenoids as food colors. Food Tech. 29:48,49 (1975).
12. Bauernfeind, J.C.: Carotenoids as Colorants and Vitamin A Precursors. Academic Press, Gainesville, Fla., U.S.A., 1981.
13. Becerril, G.M.J.: Evaluación del poder pigmentante de luteína y capsantina en pollos de engorda y gallinas en postura con un colorímetro de reflectancia. Tesis de Maestría. Fac.de Med.Vet.y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1988.
14. Bliss, J.M.: The Biology of Crustacea. Vol.9. Academic Press, London, 1985.
15. Boyd, C.M.: The bentic and pelagic habitats of the Red Crab Pleuroncodes planipes. Pacif.Sci. 21:394-403 (1967).
16. Branellec, J.C.: La pigmentación del pollo de carne. Roche Publications, Switzerland. 1989.
17. Brusca, R.C.: Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. 2nd.edition. University of Arizona Press. Tucson, Arizona, U.S.A., 1980.

18. Buenrostro, P.J.: Efecto de la utilización de pigmentos en la alimentación de la aves (pollo de engorda y gallinas de postura a base de dietas blancas). Tesis de maestría. Fac.de Med.Vet.y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., 1982.

19. Cameron, E., Bland, J. and Marcuson, R.: Divergent effects of omega-6 and omega-3 fatty acids on mammary tumor development in C3H/Heston mice with DMBA. Nutrition Res. 9:383-393 (1989).

20. CANACINTRA.: La Industria Alimenticia Animal en México 1990-1991. Sección de Fabricantes de Alimentos Balanceados para Animales, Cámara Nacional de la Industria de la Transformación. México, D.F., 1991.

21. Carpenter, K.J.: The estimation of the available lysine in animal protein foods. Biochem. J. 77:604-610 (1960).

22. Carrillo, D.S., Castro, G.M.I., Pérez-Gil, R.F. y Auriolles, G.D. Variación química invierno-verano en la langostilla (Pleuroncodes planipes) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Memorias IX Simposio Internacional de Biología Marina. La Paz, B.C.S., México. 1992 p.50. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México (1992).

23. Castro,G.M.I.: Procesos tecnológicos aplicados a la langostilla Pleuroncodes planipes y cambios en su composición química a diferentes latitudes para su aprovechamiento en la alimentación animal. Tesis de Maestría. Fac.de Med.Vet.y Zoot., Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.,1993.

24. Cuca,G.M., Avila,G.E. y Pro,M.A.: La Alimentación de las Aves. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México. México, 1990.

25. FAO.: The Nutrition and Feeding of farmed fish and shrimp.- A training manual. 1. The essential nutrients. Food Agriculture Organization. Brasilia, Brasil. 1987.

26. FAO.: Joint FAO/WHO Expert Consultation on Protein Quality Evaluation. Bethesda,Md.,USA,December 1989. Food Agriculture Organization, Roma, 1990.

27. Figueroa,N.R. y Morán,P.R.M.: Aspectos socioeconómicos de la producción y consumo de huevo. En: Los Retos de la Soberanía Alimentaria en México. Editado por: González,P.C y Torres,T.F., 269-304.Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México y Juan Pablos Editor S.A. México D.F., 1993.

28. Fletcher, D.L. and Halloran, H.R.: An evaluation of a commercially available marigold concentrate and paprika oleoresin on egg yolk pigmentation. Poultry Sci. 60:1846-1853 (1981).

29. Fletcher, D.L.: Methodology for achieving pigment specifications. Poultry Sci. 71:733-743 (1992).

30. Fry, J.L., Hinton, C.F. and Harms, R.H.: Reflectance colorimetric evaluation of egg yolk pigmentation. J. Food Sci. 30:508-510 (1974).

31. Fuller, M.F.: In vitro Digestion for Pigs and Poultry. CAB International, United Kingdom, 1991.

32. Gallardo, N.Y.: Aprovechamiento integral de la "langostina" Pleuroncodes planipes. Tesis de maestría. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México, D.F., 1975.

33. González, P.C.: La pesca y la alimentación. En: Los Retos de la Soberanía Alimentaria en México. Editado por: González, P.C y Torres, T.F., 337-357. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México y Juan Pablos Editor S.A. México D.F., 1993.

34. Guenther, E.: Pigmentation of egg yolk by xantophylls from marigold alfalfa and synthetic sources. Poultry Sci. 52:1787-1798 (1973).

35. Haraldsson, G.G.: The applications of lipases for modification of fats and oils. Including marine oils. In: Advances in Fisheries Technology and Biotechnology for Increased Profitability. Edited by: Voigt, M.N. and Botta, J.R., 337, 338. Technomic Publ. Co. Inc. U.S.A., 1990.

36. Hamilton, P.B.: The use of high-performance liquid chromatography for studying pigmentation. Poultry Sci. 71:718-724 (1992).

37. Harms, R.H., Buresh, R.E. and Damron, B.L.: The in vivo benefit of ethoxyquin for egg yolk pigmentation. Poultry Sci. 63:1659-1660 (1984).

38. Hencken, H. Pigmenting agents for the mixed feed manufacturing. Feed magazine, March/April (1989).

39. Hencken, H.: Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. Poultry Sci. 71:711-717 (1992).

40. Hendrickx, M.E.: Diversidad de los macroinvertebrados bentónicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. En: Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. Editado por: Yáñez-Arancibia A., 95-148. Programa Universitario de Alimentos, Inst. Ciencias del Mar y Limn. UNAM, Instituto Nacional de Pesca. México, D.F., 1985.

41. Horisberger, M. and Bracco, U.: Lipids in the Modern Nutrition. Nestlé Nutrition, Vavay/Raven Press, New York, USA, 1987.

42. Huyghebaert, G.: Avances recientes en la pigmentación de la yema de huevo y la piel del pollo. Memorias IX Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura. México D.F. 1-25. Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, México (1989).

43. Hsu, H.W., Vavak, D.L., Saerlee, L.D. and Miller, G.A.A.: Multienzyme technique for estimating protein digestibility. J. Food Sci. 42:1269-1273 (1977).

44. Janky, D.M.: The use of the Minolta reflectance chromameter II TM for pigmentation evaluation of broiler shanks. Poultry Sci. 65:495-499 (1986).

45. Jiménez, B.F.: Industrialización de la langostilla (Pleuroncodes planipes) para consumo humano y animal. Tesis de Maestría. Escuela de Ciencias Marinas y Alimentarias, ITESM. Guaymas, Sonora, México., 1978.

46. Karnicki, Z.S.: Background paper on possibilities for utilization of Langostilla (Pleuroncodes planipes) and ways to approach the problem in Mexico. Fishery Industry Officer, FIIU. Rome, 1981.

47. Latscha, T.: Carotenoids-their Nature and Significance in Animal Feeds. Hoffman-La Roche Ltd. Basel, Switzerland, 1988.

48. Latscha, T.: The role of astaxanthin in shrimp pigmentation. Adv. Trop. Aquac. 9:319-325 (1989).

49. Latscha, T.: Carotenoid pigments in crustaceans. Rovithai International Shrimp Seminar. Bangkok, Thailand, 1990. 1-10. F.Hoffman-La Roche & Co.Ltd. Rovithai Ltd. Switzerland/Thailand (1990).

50. Leaf, A. and Webwe, P.C.: Medical Progress. Cardiovascular effects of n-3 fatty acids. N.Engl.J.Med. 318:549-557 (1988).

51. Likuski, H.J.A. and Dorell, H.G.: A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. Poultry Sci. 57:1658-1660 (1978).
52. Longhurst, A.R.: The biology of mass occurrences of Galatheid crustaceans and their utilization as a fisheries resource. F.A.O. Fish.Rep. 57:394-403 (1967).
53. Longhurst, A.: Pelagic invertebrate resources of the California current. Rep. Calif. Coop. Ocean. Fish Investigation 13:60-68 (1969).
54. López, G.J.A., Arvizu, M.J. y Gallardo, N.Y.: Recurso langostilla. Reunión Nacional sobre Investigación Científico Pesquera. Cocoyoc, Morelos, México, 29p. Instituto Nacional de Pesca. México (1982).
55. Marusich, W.L.: Zeaxanthin as a broiler pigmenter. Poultry Sci. 55:1486-1494 (1976).
56. Mathews, C.P., Granados, J.L. y Arvizu-Martínez, J.: Results of the exploratory cruises of the Alejandro de Humboldt in the Gulf of California. CALCOFI Tech. Report 17:101-111 (1974).

57. N.R.C.: Nutrient Requeriments of Poultry. Eight edition. National Research Council. National Academy Press. Washington D.C., U.S.A., 1984.

58. Oh,S.Y., Ryve,J., Hsieh,C.H. and Bell,D.E.: Eggs enriched in w-3 fatty acids and alterations in lipid concentrations in plasma and lipoproteins and in blood pressure. Am.J.Clin.Nutr. 54:689-695 (1991).

59. Olivares,S.E.: Paquete de Diseños Experimentales F.A.U.A.N.L. Versión 1.4. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, Marín N.L., México, 1989.

60. O.P.S.: Conocimientos Actuales sobre Nutrición. Sexta edición. Organización Panamericana para la Salud. Publicación Científica No.532. Washington D.C. USA., 1991.

61. Parsons,C.M.: Lysine. La lisina en la nutrición avícola y porcina. Boletín ADM Productos Bioquímicos. USA., 1990.

62. Parsons,C.M.: Amino acid digestibilities for poultry: feedstuff evaluation and requeriments. FERMEX Technical Review-L. U.S.A., 1991.

63. Patrick,H. and Schaible,P.J.: Poultry: Feeds and Nutrition. Second edition. Avi Publishing Company. U.S.A., 1989.

64. Pedrero, F.D. y Pangborn, R.M.: Evaluación Sensorial de los Alimentos. Métodos analíticos. Alhambra Mexicana. México, 1989.

67. Philip, T., Weber, C.W. and Berry, J.W.: Utilization of lutein fatty acid esters by laying hens. J. Food Sci. 41:23-25 (1976).

68. Pierce, R.W., Van der Veen, J. and Olcott, H.S.: Proximate and lipid analyses of krill (Euphasia species) and red crab (Pleuroncodes planipes). J. Agr. Food Chem. 17:367-369 (1969).

69. Piraces, S.F. y Córtes, C.R.: Factores que afectan la pigmentación del pollo de carne. Memorias X Ciclo de Conferencias Internacionales sobre Avicultura. México D.F., 103-127. Asociación Nacional de Especialistas en Nutrición Animal. México D.F. (1991).

70. Rainbown, P.S.: The significance of trace metal concentrations in decapods. In: Aspect of Decapod Crustacean Biology. Edited by: Finchman, A.A. & Rainbown, P.S. 291-313. Symp. zool. Soc. Lond. London, 1988.

71. Reynaga, V.R.A.: El aprovechamiento integral de la fauna marina en la producción de harina de pescado. Primer Simposio Internacional de Educación y Organización Pesqueras. Cancún, Quintana Roo, México (1979).

72. Rodríguez de la Cruz, R.C.: Crustáceos Decápodos del Golfo de California. Secretaría de Pesca. México, D.F., 1987.

73. Romiti, R., Ranieri, L. e Pretolani, S.: I pigmentanti naturali nelle produzioni avicole. Revista de Avicoltura 58:45-51 (1989).

74. Schaeffer, J.L., Tyczkowski, J.K., Parkhurst, C.R. and Hamilton, P.B.: Carotenoid composition of serum and egg yolks of hens fed diets varying in carotenoid composition. Poultry Sci. 67:608-614 (1988).

75. Schiedt, K., Leurenberger, F.J., Vecchi, M. and Glinz, E.: Absorption, retention and metabolic transformation of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. Pure & Appl. Chem. 57:685-692 (1985).

76. Schiedt, K.: Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoids in chicken, salmonids and crustacea. Thesis for the Doctor Technicae Degree. Norwegian Institute of Technology, University of Trondheim. Basel, Switzerland, 1987.

77. Schiedt, K.: New Aspects of carotenoid metabolism in animals. In: Carotenoids, Chemistry and Biology. Edited by: Krinsky, N.I., Matheus-Roth, M.N. and Taylor, R.F., 247-268. Plenum Press, New York, U.S.A., 1990.

78. Schiedt, K., Bischof, S. and Glinz, E.: Recent Progress on carotenoid metabolism in animals. Pure & Appl. Chem 63:89-100 (1991).

79. Scott, M.L., Nesheim, M.C. and Young, R.J.: Nutrition of Chicken. Third edition, M.L. Scott & Associates, Ithaca, New York, U.S.A., 1982.

80. Shimada, A.S.: Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México A.C. México D.F., 1983.

81. Sibbald, I.R.: A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. Poultry Sci. 55:303-308 (1976).

82. Sibbald, I.R.: The T.M.E. System of Feed Evaluation: Methodology, Feed Composition Data and Bibliography. Bulletin 1986-4E. Research Branch, Agriculture Canada. Ottawa, Canada, 1986.

83. Smith, J.G.M., Hardy, R. and Woodham, A.A.: Dietary influences of the feeding of various fish meals and a soya based meal to chicken and laying hens. In: Advances in Fish Science and Technology. Edited by: Connell, J.J. 325-332. Fishing News Books Ltd. England, 1980.

84. Spinelli, J., Lehman, L. and Whig, D.: Composition, processing and utilization of Red Crab (Pleuroncodes planipes) as an aquacultural feed ingredient. J. Fish. Res. Bull. of Can. 31:1025-1029 (1974).

85. Steel, G.D.R. y Torrie, H.J.: Bioestadística. Principios y Procedimientos. McGraw-Hill, México, 1985.

86. Suárez, P.A.: Evaluación de pigmentación por medio de reflectancia en dos líneas de pollo de engorda comercial. Memorias XII Convención Anual ANECA. Ixtapa, Zihuatanejo, México, 1988. 76-93. Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, México (1988).

87. Sunde M.L.: Symposium: the scientific way to pigment poultry products. Introduction to the symposium. Poultry Sci. 71:709-710 (1992).

88. Tejada, H.I.: Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México A.C., INIF-SARH, México, D.F., 1985.

89. Tirado, A.F.J.: Pigmentos y pigmentación. Memorias X Ciclo de Conferencias Internacionales de Avicultura. México D.F., 1991. 181-197. Asociación Nacional de Especialistas en

Nutrición Animal. México (1991).

90. Tyczkowsky, J.K. and Hamilton, P.B.: Absorption, transport and deposition in chickens of lutein diester, a carotenoid from marigold (Tagetes erecta) petals. Poultry Sci. 65:1526-1531 (1986).

91. Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffrey, L.E. y Elias, L.M.: Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo. Otawa, Canadá, 1992.

92. Wilkie, D.W.: The carotenoid pigmentation of Pleuroncodes planipes Stimpson (Crustacea: Decápoda: Galatheidae). Com. Biochem. Physiol. 423: 731-734 (1972).

93. Yañez-Arancibia, A.: Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. PUAL, Instituto Nacional de Pesca, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M., México, 1985..

ANEXO 1

PRUEBA DE PREFERENCIA

PRODUCTO: pollo

PRUEBA PARA: sabor

NOMBRE: _____

FECHA: _____

Pruebe las muestras que a continuación se le presentan e indique su preferencia de mayor=4 a menor=1, en caso de existir alguna que no le agrade en absoluto indíquelo con un 0. Puede repetir número de preferencia. Entre cada muestra tome un poco de agua.

MUESTRA	PREFERENCIA	POR QUE
504	_____	_____
470	_____	_____
787	_____	_____
549	_____	_____

OBSERVACIONES:

GRACIAS

ANEXO 2

PRUEBA DE PREFERENCIA

PRODUCTO: yema de huevo

PRUEBA PARA: color

NOMBRE: _____

FECHA: _____

Observe detenidamente las muestras que a continuación se le presentan e indique su preferencia de mayor=4 a menor=1. Si alguna no le agrada en absoluto indicarlo con 0. Puede repetir número de preferencia.

MUESTRAS	836	351	997	420
PREFERENCIA	_____	_____	_____	_____

OBSERVACIONES: _____

GRACIAS

ANEXO 3

PRUEBA DE PREFERENCIA

PRODUCTO: Huevo revuelto.

PRUEBA PARA: Sabor.

NOMBRE: _____

FECHA: _____

Pruebe las muestras que a continuación se le presentan e indique su preferencia de mayor=4 a menor=1, en caso de existir alguna que no le agrade en absoluto indíquelo con un 0. Puede repetir número de preferencia. Entre cada muestra tome un poco de agua y pan al evaluar el sabor.

MUESTRA	SABOR	POR QUE
448	-----	-----
034	-----	-----
683	-----	-----
548	-----	-----

OBSERVACIONES:

GRACIAS

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición química de la langostilla según diferentes autores	10
Cuadro 2. Composición en ácidos grasos de la langostilla.....	11
Cuadro 3. Composición en aminoácidos de la langostilla y de otros ingredientes	12
Cuadro 4. Pigmentos de la langostilla	13
Cuadro 5. Preferencia de los consumidores en la pigmentación de la yema de huevo en algunos países.....	22
Cuadro 6. Fuentes naturales de xantofilas	23
Cuadro 7. Composición de las dietas empleadas para los pollos de engorda durante las etapas de iniciación y finalización	40
Cuadro 8. Composición de las dietas para gallinas en producción	44
Cuadro 9. Análisis químico aproximado de la langostilla.....	48
Cuadro 10. Balance de nitrógeno en la langostilla	51
Cuadro 11. Contenido en minerales de la langostilla ..	52
Cuadro 12. Composición aminoacídica de la proteína de langostilla	54
Cuadro 13. Coeficientes de digestibilidad verdadera en los aminoácidos de la langostilla en comparación con el de otras fuentes	56
Cuadro 14. Consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia en pollos de engorda alimentados con diferentes niveles de inclusión de langostilla hasta las siete semanas de edad	59
Cuadro 15. Evaluación del color en tarsos con el colorímetro de reflectancia	59
Cuadro 16. Evaluación del color en la piel de la pechuga con el colorímetro de reflectancia.	61

Cuadro 17. Porcentaje de postura, consumo de alimento, peso del huevo y conversión alimenticia en gallinas alimentadas con diferentes niveles de langostilla durante seis semanas	65
Cuadro 18. Valores promedio del color de la yema evaluada con el colorímetro de reflectancia en gallinas alimentadas con langostilla....	68
Cuadro 19. Diferentes concentraciones y combinaciones de xantofilas amarillas con rojas empleadas en dietas para ponedoras	70

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Aspecto morfológico de la langostilla	6
Figura 2. Distribución de la langostilla	8
Figura 3. Carta de colores del sistema CIE-Lab	27
Figura 4. Plan de cruceo del Depto. de Exploración y Recursos Marinos del CIB y zona de colecta	33
Figura 5. Color en tarsos con el abanico Roche y el colorímetro de reflectancia	60
Figura 6. Enrojecimiento (a*) en tarsos y piel con el colorímetro de reflectancia	62
Figura 7. Puntos obtenidos para el sabor de la carne de pollo	64
Figura 8. Enrojecimiento en tarsos, piel y yema con el colorímetro de reflectancia	66
Figura 9. Color en yema con el abanico Roche y el colorímetro de reflectancia	67
Figura 10. Preferencia por el color de la yema y del huevo preparado	71
Figura 11. Preferencia por el sabor del huevo	72
Figura 12. Preferencia por el sabor de la carne de pollo y del huevo preparado	74