

Efecto de las Micotoxinas en la Nutrición de Camarones Peneidos

M.C. David Alonso Villarreal-Cavazos¹, Q.B.P. Claudio Guajardo Barbosa, Dra. Josefata Marina Ezquerro-Brauer², MSc. Ulrike Scholz¹, Dra. Lucía Elizabeth Cruz-Suárez¹ y Dr. Denis Ricque-Marie¹

¹ Programa Maricultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Pedro de Alba s/n, Cd. Universitaria Apartado Postal F-56, C.P. 66450, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. Tel/Fax +52 81 8352 6380.

dvillarreal@fcb.uanl.mx

² Departamento de Investigación y Postgrado en Alimentos, Universidad de Sonora Blvd. Luís Encinas y Rosales s/n, Col. Centro Apartado Postal 1658, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel/Fax +52 662 259 22 08.

Resumen

Existen pocos estudios sobre micotoxinas y sus efectos sobre la salud de los camarones peneidos; las más estudiadas son las aflatoxinas, deoxinivalenol y fumonisinas. En general los camarones han mostrado ser más resistentes a las micotoxinas comparados con otras especies; sin embargo, las micotoxinas afectan órganos importantes como el hepatopáncreas, órgano mandibular, órgano hematopoyético y glándula antenal. De tal forma que las micotoxinas afectan el sistema inmunológico, circulatorio y digestivo de los camarones, provocando inmunosupresión, reducción de la velocidad de crecimiento y del peso final, incremento de la tasa de conversión alimenticia, y la muerte. En la presente revisión se presentan algunos de los principales estudios publicados en el mundo sobre este tema y se presenta un estudio realizado en México (2004) por el Programa Maricultura/FCB U.A.N.L. quienes realizaron un diagnóstico de micotoxinas en 38 muestras alimentos comerciales colectados en granjas de los estados de Sinaloa y Sonora, involucrando al menos 10 de las principales marcas comerciales de alimento para camarón. *Materiales y Métodos.* Los alimentos fueron muestreados mensualmente iniciando en el mes de Febrero hasta el mes de Agosto del 2004. Las micotoxinas evaluadas fueron Aflatoxinas totales, Fumonisinas totales, Deoxinivalenol, Toxina T-2, Ocratoxina y Zearalenona, utilizando kits comerciales de Inmuno Ensayo Ligado a Enzima (ELISA). *Resultados y Discusiones.* Aflatoxinas totales: el 97% de las muestras analizadas estaban contaminadas por estas micotoxinas, pero los niveles encontrados no rebasaron el nivel donde no se observa efecto (NOEL) en camarones. Deoxinivalenol: el 97% de las muestras analizadas resultaron contaminadas por esta micotoxina y gran parte de las muestras rebasaron el NOEL para camarón. Fumonisinas totales: el 78% de las muestras analizadas para fumonisinas resultaron positivas pero en concentraciones muy bajas. Toxina T-2: del total de 38 muestras analizadas, todas resultaron contaminadas (niveles desde 2.8 hasta 156 ppb). Ocratoxina: los niveles fueron bajos oscilando entre 0 y 7.3 ppb. Zearalenona: los niveles encontrados en las 11 muestras de cuatro marcas de alimentos analizadas fueron entre 36 y 70 ppb; todas las dietas analizadas estaban contaminadas por esta micotoxina. Se desconoce los efectos de estas últimas tres micotoxinas sobre camarones de cultivo. Los alimentos contaminados por micotoxinas representan una fuente de estrés para los camarones peneidos, afectando los principales órganos vitales, manifestándose en una mala digestibilidad del alimento y dañando los parámetros productivos; de tal forma que las micotoxinas afectan económicamente la camaricultura. Las Aflatoxinas son las micotoxinas más controladas en las plantas de alimentos y esto queda manifiesto en los bajos niveles encontrados en el presente estudio. Los niveles de Deoxinivalenol encontrados en los alimentos en el presente estudio son elevados considerando los estudios realizados en camarones. *Conclusiones.* Los alimentos para camarón son susceptibles de contaminarse por hongos y micotoxinas, y disminuir la respuesta inmune y los rendimientos. Se deben de controlar las condiciones de recepción y almacenaje de materias primas en planta y del alimento balanceado en granja, para evitar este problema. Se requiere un mayor número de estudios (dinámicas de toxicidad, efectos sistémicos y residuales) sobre las micotoxinas Ocratoxina, Toxina T-2, Fumonisina y Zearalenona en camarones.

Palabras clave: Micotoxinas, Inmunosupresión, Parámetros productivos.

Introducción

La industria mundial de producción de alimentos balanceados para acuicultura presenta un incremento anual del orden del 10%. En México actualmente se producen aproximadamente 60,000 toneladas de camarones por cultivo, que consumen de 100 a 120,000 toneladas de alimento balanceado por año. Estos alimentos son producidos por poco más de 10 compañías de alimentos balanceados a base de las siguientes materias primas: harina de pescado, pasta de soya, harina de trigo, harina de maíz, harina de sorgo, harina de calamar, harina de crustáceos, harina de kelp entre los más importantes. Cabe señalar que la tendencia creciente de reemplazar la harina de pescado con proteínas de origen vegetal, con la finalidad de disminuir costos de producción, al mismo tiempo tiende a aumentar la probabilidad de contaminación con micotoxinas. El control de calidad que realizan las compañías sobre sus materias primas, especialmente las de origen vegetal, y su proceso (mezcladora, transportadores, acondicionadores, etc.) define la calidad del producto terminado. Pero el almacenamiento del alimento en las granjas de camarón en condiciones que generalmente promueven el desarrollo de hongos (lugares tropicales con alto nivel de humedad y temperatura) puede ser la principal causa de contaminación del producto. A diferencia de especies terrestres, la presencia de micotoxinas en alimentos balanceados así como el efecto de estas micotoxinas sobre el estado de salud de los camarones, ha sido poco estudiado. El objetivo del presente trabajo, es resumir el estado de conocimiento sobre este tema en el cultivo de camarón a nivel mundial y también conocer el estado actual de alimentos comerciales para camarón en México (micotoxinas y sus concentraciones).

Principales micotoxinas

Aflatoxinas pueden ser producidas por tres especies de *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. parasiticus*, y *A. nomius*). *A. flavus* produce solamente aflatoxinas B, mientras las otras dos especies producen ambos tipos de aflatoxinas B y G. Los principales ingredientes contaminados por aflatoxinas son el maíz, trigo, harina de semilla de algodón, harina de

cacahuete entre otros. Deoxinivalenol (DON, vomitoxina) es una micotoxina que pertenece a los tricotecenos tipo B, esta micotoxina predomina en granos como trigo, maíz, sorgo, arroz, cebada y avena. El agente patógeno que produce esta micotoxina es *Fusarium graminearum* (*Gibberella zaeae*) y *F. culmorum*. Fumonisinias son producidas principalmente por el hongo *Fusarium verticillioides* contaminando maíz, sorgo, arroz y garbanzo. Existen varios tipos de fumonisinias dentro de las de mayor importancia son: Fumonisina B₁, Fumonisina B₂, Fumonisina B₃ y B₄. Ochratoxina son producidas por varias especies del hongo *Penicillium*, la más importante es *P. verrucosum*, pero también es producida por el hongo *Aspergillus ochraceus* afectando principalmente maíz, trigo, cebada, centeno y café. Toxina T-2 es una micotoxina perteneciente al los trichothicenos tipo B producida ppor el hongo *Fusarium sporotrichioides*, *F. poae*, *F. equiseti*, and *F. acuminatum*. Afectando los siguientes granos como trigo, maíz, sorgo, arroz, cebada y avena. Zearalenona esta micotoxina es producida por muchas especies de *Fusarium* spp. Es encontrada en muchos cereales como maíz, cebada, trigo, arroz, sorgo y avena (Jiménez et al., 1997).

Efecto de las micotoxinas en Camarones Pendidos

Wiseman *et al.* (1982) realizaron dos estudios, el primero en camarón azul del pacifico (*P. stylirostris* de 2.6 gr de peso inicial) y el segundo en camarón blanco del pacifico (*P. vannamei* de 0.5 gr de peso inicial). En el primer estudio de inyección en *P. stylirostris* de aflatoxina B₁ “AFB₁” (99% pureza) y diluida en una pequeña cantidad de etanol y solución salina fisiológica, las dosis probadas fueron 0, 25, 70, 115 y 160 µg de AFB₁ por gr de peso corporal. Los camarones se revisaron cada hora durante las primeras 24 hrs. post inyección y después dos veces por día durante 10 días. Los camarones moribundos se fijaban para realizar estudios de histopatológicos. Encontrando que la dosis letal media (LD₅₀) a 24 y 96 hrs fueron de 100.5 mg/kg (Intervalos de confianza de 78.3 a 129 mg/kg) y 49.5 mg/kg (intervalos de confianza de 29.8 a 82.3 mg/kg). Los resultados histopatológicos mostraron lesiones primeramente en hepatopancreas, órgano mandibular y órganos hematopoyéticos. En el segundo experimento, estudio de alimentación en *P. vannamei*, utilizando dietas

contaminadas artificialmente con AFB₁ con las siguientes concentraciones 53, 75, 106, 150 y 300 ppm, los camarones fueron alimentados por un periodo de 28 días. Los animales moribundos se fijaban para realizar estudios de histopatológicos. Los resultados indican que los camarones alimentados con dosis de 50 a 300 ppm de AFB₁ mueren en 4 semanas y presentan lesiones en hepatopancreas, órgano mandibular y órganos hematopoyético.

Ostrowski-Meissmer *et al.* (1995) condujeron dos experimentos. En el primero probaron dietas contaminadas artificialmente con aflatoxina B₁ (AFB₁) y encontraron que AFB₁ afecta principalmente hepatopancreas y glándula antenal; todos los organismos expuestos a AFB₁ mostraron degradación focal en las células del hepatopancreas y necrosis de las células embrionarias de la porción distal de los túbulos; después de una semana de exposición a AFB₁, 73% de los camarones exhibieron estas lesiones, mientras estas estuvieron ausentes en los organismos del grupo control. En el segundo experimento probaron siete niveles de AFB₁ (0, 15, 20, 60, 300, 400 y 900 ppb en la dieta) administrados a los camarones durante dos semanas, con la finalidad de observar los cambios en los parámetros de producción. La sobrevivencia no se vio afectada en los tratamientos después de dos semanas desde 0 hasta 900 ppb. El peso final varió conforme el nivel de AFB₁; se incremento, el peso final para 400 ppb fue significativamente inferior comparado con concentraciones menores ($P < 0.01$), pero significativamente más grande que para 900 ppb ($P < 0.01$); es decir, pesos finales para las dosis de 0-300 ppb > pesos finales para 400 ppb > pesos finales para 900 ppb de AFB₁. La tasa de conversión alimenticia (TCA) aumento conforme el nivel de AFB₁ se incremento, encontrando una relación inversa entre TCA y nivel de toxina ($P < 0.001$). La digestibilidad de proteína y energía fue significativamente menor para 900 ppb comparada con todas las concentraciones más bajas ($P < 0.06$).

Boonyaratpalin *et al.* (2001) realizaron un estudio con aflatoxina B₁ (AFB₁) en juveniles de camarón tigre (*Penaeus monodon*) de 1-2 g para ver el efecto sobre crecimiento e histopatología, y en adultos de 10-12 g para estudiar el efecto sobre la función inmunofisiológica, histopatología y residuos de AFB₁. Juveniles.- el peso promedio, la ganancia de

peso y la sobrevivencia presentaron una correlación altamente negativa $r = -0.99, -0.96$ y -0.95 respectivamente ($P < 0.05$). El conteo de hemocitos en hemolinfa se ve reducido solamente a una concentración de 2500 ppb de AFB₁ y después de 8 semanas ($P < 0.05$). El análisis de actividad de fenoloxidasa no presento diferencia entre los tratamientos. La habilidad del camarón para eliminar patógenos mostró baja eficiencia en camarones alimentados con niveles altos de AFB₁ (1000-2500 ppb) comparados con el control. Adultos.- La sobrevivencia es afectada con niveles de AFB₁ más bajos (100 ppb). El conteo de hemocitos se incremento a las 4 semanas, solamente en los camarones que recibieron la concentración de 2500 ppb de AFB₁ ($P < 0.05$). La actividad fenoloxidasa de los camarones se incremento conforme se aumentaba el nivel de AF B₁ en el alimentos ($P < 0.05$). Los niveles de colesterol y fosfatasa alcalina no presentaron cambios.

Farias y Torres (2003) estudiaron los efectos de la aflatoxina sobre la tripsina de la glándula digestiva del camarón. Encontrando que la actividad de la tripsina del camarón blanco fue potencializada en presencia de 10 ppb de aflatoxina B₁.

Bautista *et al.* (2003) detectaron aflatoxina en dietas para camarón con valores hasta de 120 ppb. Elaboraron dietas para camarones pre-adultos (17.5 ± 0.6 g) con diferentes niveles de aflatoxina. Camarones alimentados con dietas con niveles mayores de 73.8 ppm presentaron pobre crecimiento y alta susceptibilidad a enfermarse. No se detectaron residuos de aflatoxinas en los tejidos después de 62 días de exposición, indicando bajo nivel de potencial de transmisión de la toxina del músculo del camarón para el consumidor. Se detectaron alteraciones histopatológicas en hepatopáncreas de camarones expuestos a aflatoxinas, el grado de la alteración dependió del nivel de aflatoxina suministrado. En base a los estudios de crecimiento se estableció que *Penaeus monodon* puede soportar niveles superiores de 52.3 ppm en las dietas, aunque se detectaron alteraciones histopatológicas a niveles de 26.5 ppm. A continuación se presenta un resumen de las lesiones causadas por AFB₁ en camarones peneidos (tabla 1).

Tabla 1.- Resumen de afecciones causadas por aflatoxina B₁ (AFB₁) en camarones peneidos.

Dosis	Tiempo Exposición	Afección	Especie	Cita
25-160 ppm	24 hrs* 96 hrs*	Hepatopancreas Órgano Mandibular Órgano Hematopoyetico	<i>P. stylirostris</i>	Wiseman <i>et al.</i> , 1982
50-300 ppm	4 semanas	Hepatopancreas Órgano Mandibular Órgano Hematopoyetico	<i>P. vannamei</i>	
50 ppb	21 días	Hepatopancreas Glándula Antenal	<i>P. vannamei</i>	Otrowski-Meissmer, <i>et al.</i> , 1995
250 ppb 400 ppb 900 ppb	56 días	Aumenta la TCA Disminuye Peso Final Reduce la Digestibilidad		
50 – 2500 ppb		Correlación Altamente Negativa entre Peso Final, Ganancia Peso y Sobrevivencia	<i>P. monodon</i> <i>Juveniles</i>	Boonyaratpalin <i>et al.</i> , 2001
500 ppb		Atrofia del epitelio tubular hepatopancreas, Infiltración hemocítica y fibrocítica HP, Necrosis, Inflamación y Degeneración HP		
100 ppb	8 Semanas	Reduce Supervivencia Atrofia del epitelio tubular hepatopancreas, Infiltración hemocítica y fibrocítica HP, Necrosis, Inflamación y Degeneración HP	<i>P. monodon</i> <i>Adultos</i>	
50-2500 ppb		Afecta Sistema Inmunológico Se Incrementa Actividad Fenoloxidasa		Bintvihok <i>et al.</i> , 2002
5 ppb		Reduce Crecimiento Aumenta Mortalidad		
10 ppb	7-10 días	Daño Hepático	<i>P. monodon</i>	
20 ppb		Reduce Actividad Glutamico oxalacetico transminasa		Farias y Torres; 2003
10 ng/g		Potencializa Actividad Digestiva de Tripsina	<i>P. vannamei</i>	
73.8 ppm	62 días	Reduce Crecimiento	<i>P. monodon</i>	Bautista <i>et al.</i> , 2003

Trigo-Stockli *et al.* (2000) realizó un experimento utilizando trigo rojo contaminado con la micotoxina Deoxinivalenol (DON), incorporándola en la dieta de tal forma que los alimentos presentaron las siguientes concentraciones de DON: 0, 0.2, 0.5 y 1.0 ppm. Las dietas experimentales fueron utilizadas para alimentar camarones juveniles (*Penaeus vannamei* de 1.7g de peso promedio) durante 16 semanas (50 cam/m²), las variables a medir fueron peso final, incremento de peso semanal, tasa de conversión alimenticia (TCA) y % sobrevivencia. Los resultados histopatológicos manifiestan que la vomitoxina (DON) no causa efectos negativos en los tejidos de los órganos vitales en los camarones y además no muestra residuos en los camarones después de ser alimentados durante 16 semanas. Los niveles de 0.2, 0.5 y 1.0 provocan disminución del crecimiento semanal y peso final. La TCA no se vio afectada por los tratamientos.

Farias y Torres (2003) estudiaron los efectos de la aflatoxina y de la fumonisina sobre la tripsina de la glándula digestiva del camarón. La actividad de la tripsina del camarón blanco fue potencializada en presencia de 10 ppb de aflatoxina B₁ e inhibida con 1 ppt de fumonisina B₁. Estos resultados sugieren que la digestión del camarón se afecta por la presencia de las micotoxinas. El resumen de lesiones causadas por DON y Fumonisin B₁ se presenta en la tabla 2.

Tabla 2.- Resumen de afecciones causadas por Deoxinivalenol (DON) y fumonisina B₁ en camarones peneidos.

Toxina	Dosis	Tiempo Exposición	Afección	Especie	Residuos	Cita
DON**	0.2 ppm 0.5 ppm 1.0 ppm	16 Semanas	Reduce Crecimiento Peso Final No presentan daños en órganos	<i>P. vannamei</i>	No Presento	Trigo-Stockli <i>et al.</i> , 2000
Fumonisina B ₁	1 mg/g		Inhibe Actividad Digestiva de Tripsina	<i>P. vannamei</i>	No	Farias y Torres; 2003

**Alimento contaminado en forma natural, utilizando una cepa específica del hongo que produce esta micotoxina.

Detección de micotoxinas en alimentos para camarón en el mundo.

Existen pocos reportes sobre el diagnóstico de micotoxinas en alimentos balanceados para camarones peneidos, a continuación se presentan algunos de los reportes encontrados: México.- Farías y Torres (2003) realizaron un monitoreo de Aflatoxina B₁ y Fumonisina B₁ del alimento (finales del ciclo de cultivo del año 2002) de 15 granjas ubicadas en el norte, centro y sur del Estado de Sonora, encontrando niveles de 0 hasta 320 ppb para AF B₁ y 0 hasta 1.3 ppm de Fumonisina B₁ (tabla 3). Tailandia.- Fegan & O'Sullivan (2004) presenta un reporte de diagnóstico de AFB₁ en alimentos de granjas en Tailandia en el que encontraron que de un total de 62 muestras de alimento analizadas, 59 de ellas estaban contaminadas por Aflatoxina B₁ y 37 de las 59 positivas (22%) registraron niveles por encima de 50 ppb. Bintvihok *et al.*, (2002) realizaron un estudio de monitoreo de aflatoxinas en alimento comercial para camarón de granjas de Tailandia. Durante las estaciones de verano, lluvia e invierno los resultados encontrados oscilaron entre 0.003 hasta 0.651 ppb. Los resultados globales del análisis de micotoxinas en alimentos para camarón en el mundo se muestran la tabla 3.

Tabla 3.- Resumen general de los resultados de alimentos para camarones penidos analizados para detección de micotoxinas por diferentes técnicas en el mundo.

Micotoxina	Nivel Encontrado	Técnica/Método	NOEL AVES	No. de Muestras	Cita
México					
Aflatoxinas	0 - 320 ppb	Aflatest		15	1
	6 - 19.2 ppb	R-Biopharm	5-20 ppb	3	2
	> 1 ppb	HPLC		1	3
Fumonisinina	0 – 19.7 ppb	AgraQuant		29	3
	0 - 1.3 ppm	Fumonitest		15	1
	> 100 ppb	HPLC	1-2 ppm	1	2
Ocratoxina	0 – 7.5 ppm	AgraQuant		38	3
	➤ 1 ppb	HPLC	100 – 200 ppb	1	3
Toxina T-2	0 – 7.3 ppb	AgraQuant		38	3
	7 - 45.5 ppb	R-Biopharm		3	2
DON	> 1 ppb	HPLC	100 – 200 ppb	1	3
	2.8 – 156 ppb	AgraQuant		38	3
	0.3 – 0.6 ppm	R-Biopharm		3	2
Zearalenona	> 20 ppn	HPLC	1 – 2 ppm	1	3
	0 – 15.7 ppm	AgraQuant		38	3
	➤ 1 ppb	HPLC		1	3
	36 – 70 ppb	R- Biopharm		11	6
Filipinas					
Aflatoxinas	50 ppb	No Reportado	5-20 ppb	61	4
Tailandia					
AFB1	Máx. 0.651 ppb	HPLC	5-20 ppb	150	5

Citas: 1.- Farías y Torres, 2003. 2.- Laboratorios de la Compañía SÚD CHEMIE de México, S.A. de C.V. 2004. 3.- Programa Maricultura/FCB, U.A.N.L. 2004. 4.- Fegan & O'sullivan, 2004. 5.- Bintvihok *et al.*, 2002. 6.- Laboratorios de la Compañía Alltech de México, S.A. de C.V. 2004.

Detección de micotoxinas en alimentos comerciales para camarón en México

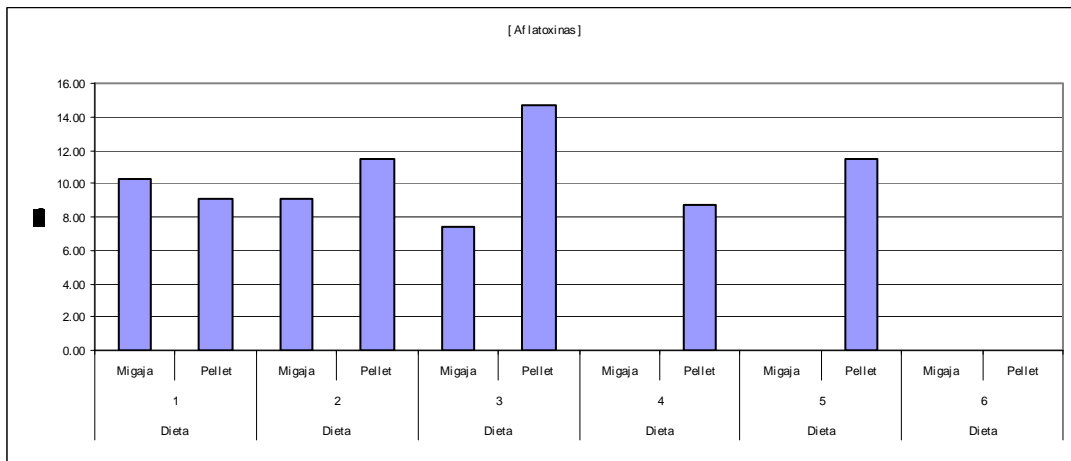
México (2004) Programa Maricultura/FCB U.A.N.L. realizaron el diagnóstico de micotoxinas en 38 muestras alimentos comerciales colectados de granjas de los estados de Sinaloa y Sonora, involucrando al menos 10 de las principales marcas comerciales de alimento en México. El alimento fue muestreado mensualmente iniciando en el mes de Febrero del 2004 hasta el mes de Agosto del 2004, las muestras de alimento (10-14 kg cada una) fueron tomadas al azar de al menos 40 sacos por embarque de alimento recibido en granja (18 TM). Las micotoxinas evaluadas fueron Aflatoxinas totales, Fumonisininas totales, Deoxinivalenol, Toxina T-2, Ocratoxina y Zearalenona. Las técnicas para determinar la

concentración de las micotoxinas se realizaron en su mayoría utilizando kits comerciales de Electro Inmuno Ensayo Ligado a Enzima (ELISA) AgraQuant, de la compañía Romer Labs[®]. Utilizando un lector de micro-placas ELISA marca Labsystems Multiskan EX.

El procedimiento involucra tres pasos principales: 1) Extracción.- se peso 20 g de cada muestra y se mezcló con metanol al 70% en un vaso y liquar por 3 minutos. 2) Purificación.- el contenido fue filtrado, utilizando un filtro Wathman # 1 y con una columna de arena de celite (cenizas de diatomeas) utilizando una bomba de vacío, colectando el filtrado. 3) Determinación.- se utilizaron los siguientes kits comerciales: Aflatoxinas totales (AgraQuant aflatoxin rango de 1-20 ppb), Fumonisin totales (AgraQuant Fumonisin rango de 0.0 – 2.5 ppm), Doexinivalenol (AgraQuant Deoxynivalenol rango de 0.0 – 5.0 ppm), Toxina T-2 (AgraQuant Toxin T-2 rango de 0-500 ppb), Ocratoxina (AgraQuant Ochratoxin rango de 0.0 – 40 ppb), Zearalenona (kits para diagnóstico para micotoxinas Ridacreen r-biopharm ELISA) esta determinación fue realizada en los laboratorios de la compañía Alltech de México.

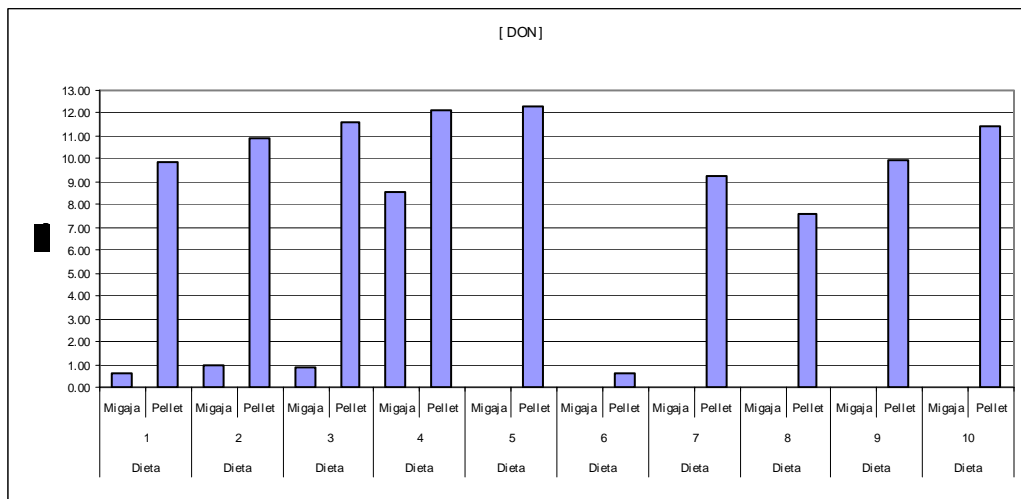
Resultados y Discusiones

Aflatoxinas Totales. De un total de 29 muestras analizadas de seis diferentes marcas de alimento, 26 de ellas estaban contaminadas (97%) por estas micotoxinas, sin embargo, ninguna muestra rebaso el nivel de efecto no observado para camarones (*P. vannamei*) “NOEL” (mayor a 50 ppb) reportado por Otrowski-Meissner *et al*, en 1995. Estos niveles bajos pueden ser explicados a que las aflatoxinas son las micotoxinas más estudiadas y de esta forma las mejor controladas. Los resultados son presentados en la grafica 1.



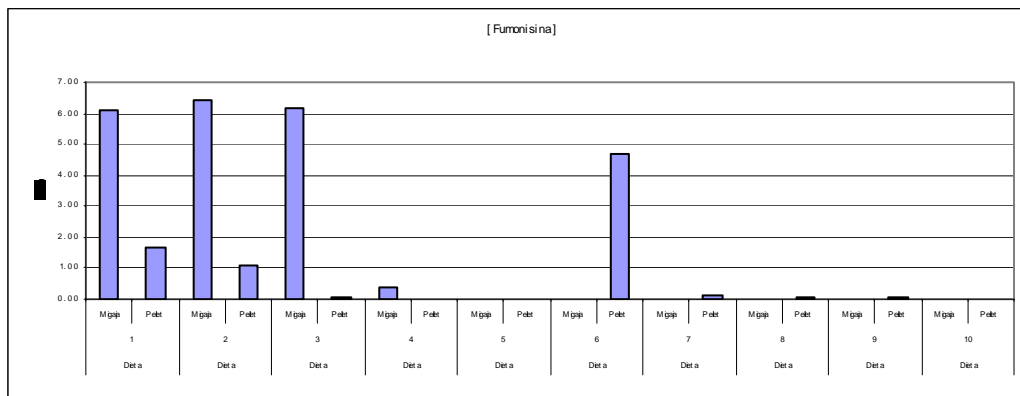
Grafica 1.- Niveles de aflatoxinas totales en alimentos comerciales de camarón en México.

Deoxinivalenol. De un total de 38 muestras de diez alimentos comerciales analizados, 37 de ellos (97%) resultaron contaminados por esta micotoxina, el 76% de los alimentos positivos (28 de los 37) presentaron niveles superiores a 1 ppm y el 46% de los positivos (17 de 37) mostraron niveles mayores a 10 ppm. Estos resultados son relevantes contemplando el estudio realizado por Trigo-Stockli *et al.* (2000) donde reportan efectos negativos sobre el rendimiento productivo (crecimiento y peso final) de *P. vannamei* con niveles de 1 ppm de Deoxinivalenol. Los resultados se presentan en la grafica 2.



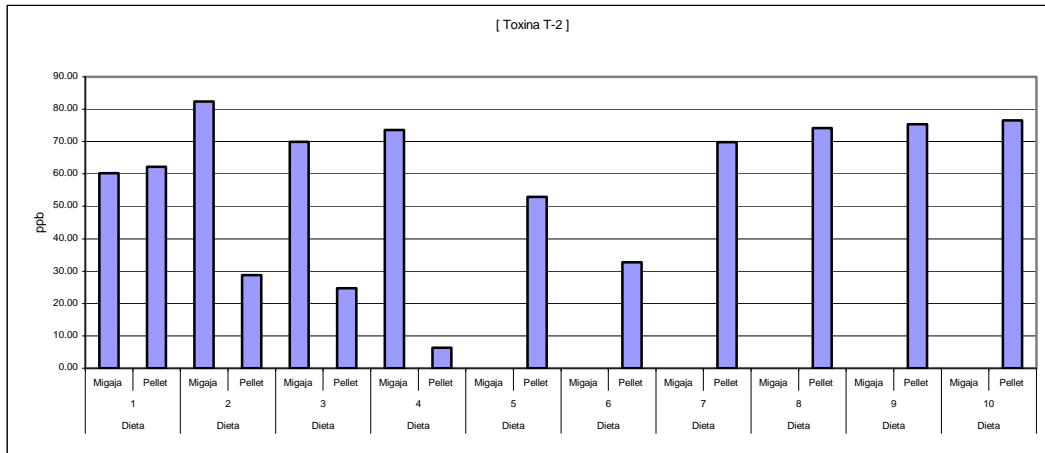
Grafica 2.- Niveles de Deoxinivalenol en alimentos comerciales para camarón en México.

Fumonisin Totales. 38 muestras correspondientes a diez alimentos comerciales, 27 dietas resultaron positivas (78%) a fumonisin. 16 de las 27 positivas (60%), presentaron niveles mayores a 5 ppb, no obstante estos niveles son bajos considerando el nivel (1 ppt afecta la digestibilidad) reportado por Farias y Torres en el 2003. Los resultados se muestran en la grafica 3.



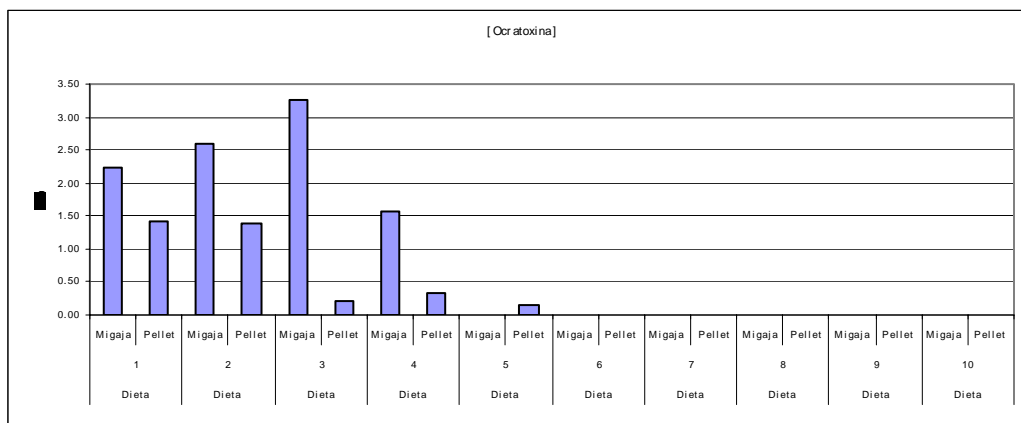
Grafica 3.- Niveles de Fumonisin totales en alimentos comerciales para camarón en México.

Toxina T-2. Del total de 38 muestras de diez alimentos comerciales fueron analizadas, todas resultaron contaminadas (niveles desde 2.8 hasta 156 ppb) por Toxina T-2, cabe mencionar que el 47% (18 de 38) presentaron niveles por encima de 50 ppb y el 10% (4 de 38) registraron niveles mayores a 100 ppb; tomando como referencia el nivel en que no se observa efecto (NOEL) para aves que es de 100 – 200 ppb (debido a que no existe un NOEL para camarones), estos valores se consideran normales para aves. Niveles por encima del NOEL en aves afectan los parámetros productivos (consumo de alimento, producción de huevo, peso promedio y tasa de conversión alimenticia), esto debido a que inhiben las síntesis de proteínas, ácidos nucleicos y causan alteraciones de las membranas celulares (Díaz et al., 1994). Los resultados se muestran en la grafica 4.



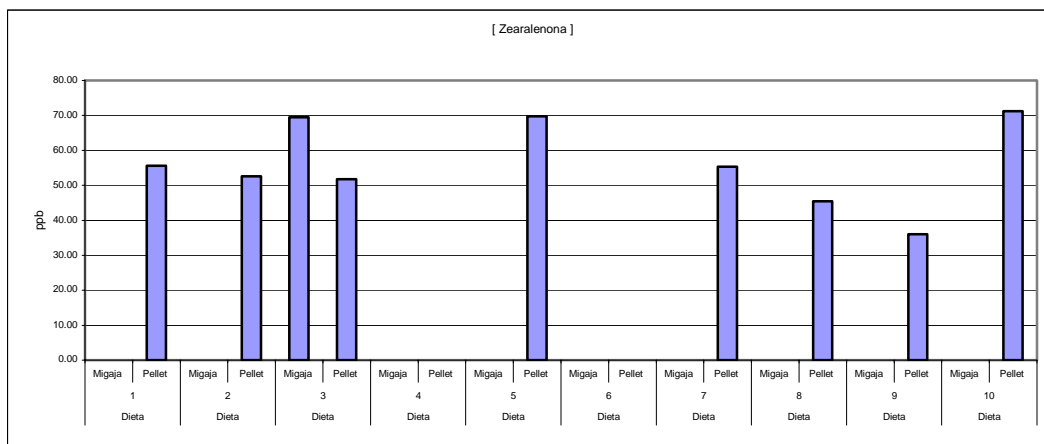
Grafica 4.- Niveles de toxina T-2 en alimentos comerciales para camarón en México.

Ocratoxina. Los niveles encontrados de esta micotoxina fueron bajos oscilando entre 0 – 7.3 ppb, sin embargo, se desconocen, los efectos puedan estar ocasionando estos niveles en camarones, debido a que no contamos con estudios previos de esta micotoxinas en camaronicultura. Sin embargo, en pollos de engorda esta micotoxina causa inmunosupresión debido a la afección sobre los órganos involucrados con el sistema inmunológico (Dwivedi & Burns, 1984a). La inmunosupresión puede ser observada en pollos alimentados con dietas contaminadas por Ocratoxina a niveles de 0.5 o 2 mg/kg por un período de 21 días (Singh *et al.*, 1990). Los niveles encontrados en alimentos para camarones son presentados en la grafica 5.



Grafica 5.- Niveles de ocratoxina en alimentos comerciales para camarón en México.

Zearalenona. Los niveles encontrados en las 11 muestras de cuatro marcas de alimentos analizadas fueron entre 36 – 70 ppb, todas las dietas analizadas estaban contaminadas por esta micotoxina, se desconoce el efecto de esta micotoxina sobre camarones de cultivo, ya que no contamos con estudios previos. Sin embargo, cabe mencionar que es una micotoxina con efectos negativos sobre la reproducción en cerdos, estudios sobre Zearalenona en dietas de cerdos contaminadas con dosis de 0.25 mg/kg, equivalente a 10 µg/kg peso por día, por 11 días, los resultados indican graves trastornos reproductivos a nivel celular y de órganos reproductores (Bauer et al., 1987 y Rainey et al., 1990). Los niveles encontrados en el presente estudio se presentan la grafica 6.



Grafica 5.- Niveles de ocratoxina en alimentos comerciales para camarón en México

Los resultados de las concentraciones de micotoxinas encontradas en alimentos comerciales para camarón en México se presentan en la tabla 4.

Tabla 4.- Resumen de resultados encontrados por el Programa Maricultura/FCB U.A.N.L. en 38 muestras de diez alimentos comerciales para camarones durante el periodo comprendido de Febrero – Agosto del 2004.

	Aflatoxinas	DON	Fumonisin	Ocratoxina	Toxina T-2	Zeralenona
	ppb	ppm	ppm	ppb	ppb	Ppb
NOEL	< 50 ppb	> 0.1 ppm	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.
Camarones						
Muestra						
110-1	10.03	1.20	7.42	5.19	120.35	----
110-2	8.02	0.77	5.40	0.00	44.45	----
110-3	17.43	0.10	5.46	0.00	37.10	----
110-4	8.79	0.51	5.40	0.00	38.13	----
110-5	0.72	0.00	5.04	0.00	32.11	----
110-6	1.00	0.66	5.53	0.00	35.23	----
110-7	12.90	0.17	6.96	7.23	75.52	69.50*
112-1	11.40	0.18	7.50	5.18	92.50	----
112-2	0.00	0.59	5.30	0.80	43.20	----
112-3	12.10	1.73	7.00	5.18	90.40	----
112-4	12.00	1.64	7.00	5.20	93.20	----
112-5	0.00	0.60	5.10	0.00	36.30	----
112-6	12.23	1.57	6.63	5.16	89.90	----
112-7	13.15	1.54	6.81	5.17	127.50	----
114-1	13.43	1.09	6.78	5.16	113.30	----
114-2	12.21	1.53	6.67	5.16	156.00	----
117-1	----	8.57	0.40	1.58	10.89	----
117-3	10.51	12.41	0.97	2.06	18.14	----
117-4	9.63	12.50	0.00	0.00	23.22	----
117-5	10.34	12.84	0.00	0.44	23.39	----
117-6	6.33	11.09	0.00	0.54	16.88	----
117-7	----	8.09	0.13	0.00	28.50	65.70*
117-8	----	9.84	0.11	0.33	17.73	----
117-9	11.69	14.05	0.00	0.23	8.24	----
117-10	----	8.22	0.15	0.51	20.64	61.60*
117-11	----	9.22	0.16	0.00	14.71	55.30*
117-12	15.68	11.11	0.00	0.61	11.19	----
119-1	----	7.62	0.00	0.00	10.34	45.40*
129-1	8.75	12.13	0.00	0.30	6.33	----
129-2	----	11.47	0.00	0.00	8.01	71.20*
133-1	----	9.93	0.00	0.00	9.18	36.05*
133-3	----	11.14	0.00	0.00	9.93	69.80*
133-4	11.43	13.49	0.00	0.30	31.25	----
134-2	0.00	0.60	4.70	0.00	32.70	----
135-1	12.61	12.63	0.00	0.45	9.93	37.80*
135-2	10.65	13.22	0.00	0.26	5.13	60.80*
135-3	5.96	15.73	0.00	0.21	2.76	----
135-4	19.70	14.76	0.00	0.57	13.64	44.30*

* Estudio realizado por el laboratorio de Alltech de México, S.A. de C.V.

Conclusiones

Los alimentos para camarón son susceptibles de contaminarse por hongos y contener micotoxinas. Los alimentos contaminados por micotoxinas representan una fuente de estrés para los camarones peneidos, afectando los principales órganos vitales del camarón, manifestándose en una mala digestibilidad del alimento y dañando los parámetros productivos; de tal forma que las micotoxinas afectan económicamente la camaronicultura. Se deben de mejorar las condiciones de recepción y almacenaje del alimento balanceado en granja, para reducir este problema. Los camarones resisten altos niveles de micotoxinas, sin embargo esto no quiere decir que no los afecte. Los niveles de Deoxinivalenol encontrados en las dietas en el presente estudio son elevados comparados con los estudios realizados en camarones. Las Aflatoxinas son las micotoxinas más estudiadas, lo que puede explicar su mejor control en platas de alimentos (niveles óptimos), manifestándose en niveles bajos encontrados en el presente estudio. Debido a los niveles encontrados en las dietas, es necesaria una mayor cantidad de estudios (dinámicas de toxicidad, efectos sistémicos y residuales) sobre las micotoxinas Ocratoxina, Toxina T-2, Fumonisina y Zearalenona en camarones. Existe gran dificultad en cuanto a los métodos de muestreo de alimento en granja, sin embargo, es posible obtener una muestra representativa de cada embarque de alimento.

Bibliografía

- Bautista y col. 1994. *J. Science of Food and Agriculture*. 65(1):5-11.
- Bauer, J., Heinritzi, K., Gareis, M. & Gedek, B. (1987) Veränderungen am Genitaltrakt des weiblichen Schweines nach Verfütterung praxisrelevanter Zearalenonmengen. *Tierärztl. Prax.*, 15, 33-36.
- Binvihok, A., A. Ponpornpisit, J. Tangtrongpiros, W. Panichkrinkrai, R. Rattanapanee, K. Doi & S. Kumagai. 2003. Reaserch note: Aflatoxin contamination in shrimp feed and effects of aflatoxins addition to feed on shrimp production. *Journal of food protection*: Vol. 66, No.5, pp. 882-885.
- Boonyaratpalin, M., K. Supamattaya, V. Verakunpiriya & D. Suprasert. 2001. Effects of aflatoxin B₁ on growth performance, blood components, immune function and histological changes in black tiger shrimp (*Penaeus monodon* Fabricius). *Aquaculture Research*. Volume 32 (suppl. 1). Pages 388-398.
- Diaz, G.J., Squires, E.J., Julian, R.J. & Boermans, H.J. (1994) Individual and combined effects of T-2 toxin and DAS in laying hens. *Br. Poult. Sci.*, 35, 393-405.
- Dwivedi, P. & Burns, R.B. (1984a) Pathology of ochratoxicosis A in young broiler chicks. *Res. Vet. Sci.*, 36, 92-103.

- Farías, S.I., B.M. Leyva, W.T. Arreola. 2003. Determinación de micotoxinas en alimentos para camarón y su efecto sobre la tripsina semipurificada del hepatopáncreas de camarón blanco. Tesis. Universidad de Sonora.
- Farias S.I. y Torres-Arreola W. 2003. Efecto de la Aflatoxina B1 y Fumonisina B1 sobre la Actividad de Tripsina y Colagenasa Semipurificadas del Hepatopáncreas de Camarón Blanco (*Litopenaeus vannamei*) Cultivado. Tesis Profesional de la Universidad de Sonora.
- Fegan & O'Sullivan. 2004. Mycotoxins the hidden menace? *International Aqua Feed*. Volume 7. Issue 1. pp 38-39.
- Jiménez, M., Huerta, T. & Mateo, R. (1997) Mycotoxin production by *Fusarium* species isolated from bananas. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, 364-369.
- Nag, M., Pandey, B.K., Basu, S., Das, K.L. 2003. Aflatoxin contamination in shrimp feed and effects of aflatoxin addition to feed on shrimp production. *J. Food Prot.* Vol: 66 Issue 5 Pages: 882-885.
- Rainey, M.R., Tubbs, R.C., Bennet, L.W. & Cox, N.M. (1990). Prepubertal exposure to dietary zearalenone alters hypothalamo-hypophyseal function but does not impair postpubertal reproductive functions in gilts. *J. Anim. Sci.*, 68, 2015-2022.
- Singh, G.S., Chauhan, H.V., Jha, G.J. & Singh, K.K. (1990) Immunosuppression due to chronic ochratoxicosis in broiler chicks. *J. Comp. Pathol.*, 103, 399-410.
- Trigo-Stockli D.M., L.G. Obaldo & W.G. Dominy. 2000. Utilization of deoxynivalenol-contaminated hard red winter wheat for shrimp feeds. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol.-31. No.-2 pp 247-254.
- Ostrowski-Meissner H.T., B.R. LeaMaster, E.O. Duerr, W.A. Walsh. 1995. Sensitivity of the Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, to aflatoxin B₁. *Aquaculture*. Volume 131. pages 155-164.
- Wiseman Mo, Price RL, Lighner DV, Williams RR. 1982. Toxicity of Aflatoxina B1 to penaeid shrimp. *Appl. Environ. Microbiol.* Dec: 44(6):1479-1481.