

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS



"Efecto de la adición de probióticos en dietas prácticas para bagre de Canal (*Ictalurus punctatus*) Rafinesque (1818)"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

JOSÉ LUIS HORTA FERNÁNDEZ

Dirigida por:

MC. EDUARDO JUÁREZ CARRILLO

DRA. ANNE MARGUERITE HELENE SANTERRE

Las Agujas, Zapopan, Jal., agosto 2012



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología
COORD-BIO-095/2011

CIJOSÉ LUIS HORTA FERNÁNDEZ
PRESIDENTE

Manifiesto a este Consejo Universitario para que se acuerde la tesis de licenciatura de M. en Biología: YESIS E. NÚÑEZ RODRÍGUEZ, YESIS de la tesis: "Efecto de la adición de probióticos en dietas prácticas para bagre de Canal (*Ictalurus punctatus*) Refugio yucateco (2010)" de la carrera de la Licenciatura en Biología.

A su vez, se manifiesta que ha sido asesorado por el doctor en Biología M.C. Eduardo Juárez Carrillo, Asesor, en la Dra. Margarita Helene Senterre Lucas.

Se manifiesta que el presente informe se elabora de conformidad con el artículo 54 del

ACUERDO INTERNO DE
DEFENSA Y PROTECCIÓN

del Consejo Universitario, de fecha 01 de junio de 2011.

DR. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

M.C. GLORIA PARADA BARRERA
SECRETARÍA DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Teresa de Jesús Aceves Escquivas
Presidente del Comité de Titulación
Licenciatura en Biología
CUCBA
Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad Tesis e informes, opción Tesis con el título "Efecto de la adición de probióticos en dietas prácticas para bagre de Canal (*Ictalurus punctatus* Rafinesque, 1818)" que realizó el pasante José Luis Horta Fernández con número de código 302202727 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
Predio las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco
24 agosto 2012

M. en C. Eduardo Juárez Carrillo
Director del trabajo

Dra. Anne Marguerite Helene Santerre
Asesora

Nombre completo del alumno: José Luis Horta Fernández

DRA. JOSEFINA CASAS SOLIS

M. EN C. GABRIEL MORENO LLAMAS

M. EN C. LDEFONSO ENCISO PADILLA

SUPL.

DRA. ANNE MARGUERITE HELENE SANTERRE

Fecha de entrega

Fecha de entrega

	24/08/12
	24/08/12
	24/08/12
	24/08/12

A MIS PADRES JOSÉ LUIS Y CELIA POR CREER EN MI, ESTAR SIEMPRE PRESENTES DURANTE TODO MOMENTO Y CIRCUNSTANCIA, POR DARME EL APOYO, CARIÑO Y LAS HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LLEGAR A SER PROFESIONAL.

Agradecimientos.

A mi director de tesis el M.C. Eduardo Juárez Carrillo, que además de ser maestro es un gran amigo que me brindó la oportunidad de trabajar bajo su dirección y abrir puertas del conocimiento, así como también, oportunidades profesionales y personales, las cuáles siempre te estaré agradecido.

A mi codirectora la Dra. Anne Marguerite Helene Santerre por guiar nuestro trabajo y asesorar tan acertadamente la finalización del mismo.

A mis sinodales por la revisión y correcciones sugeridas de este documento.

A la Universidad de Guadalajara, especialmente a mi querido centro universitario CUCBA sede responsable de mi formación como biólogo.

A Paloma Eburne Pérez Guerrero por todo el amor, cariño y alegrías compartidas durante todo este tiempo, sin ti las horas no pasarían tan rápidas, el tiempo nunca es suficiente.

A mi gran amiga Liliana Mariscal Reynoso por su gran amistad y ayuda fiel en la parte experimental.

A mis tres grandes amigos Ismael Briones Briones, Omar Moya Gutierrez y Edgar Frías Rubio por su incomparable amistad y grandes momentos de trabajo, diversión y desafíos en NUESTRO laboratorio, sin ustedes la tesis hubiera sido muy tediosa.

Al CONACYT por el apoyo recibido para la realización de este trabajo.

A mis papas Jose Luis y Celia, mis hermanos Víctor y Estela y la recién llegada Camilita espero manetenerlos muchos años a mi lado.

A todos y cada uno de mis bagres, sin ustedes mis queridos hijos no hubiera sido posible la realización de este tomo, seran recordados con todo el respeto que tuve hacia ustedes y cualquier otro organismo acuático dedicado a la investigación que quede bajo mi manejo.

A José Luis Horta Fernández por tu dedicación y empeño para lograr cualquier objetivo propuesto hasta hoy, por adquirir la paciencia, visualizarte terminando este trabajo e ir por más.

SEDE DEL ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en EL LABORATORIO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y ACUICULTURA del Departamento de Ecología, DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES del CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS.

APOYO FINANCIERO

La realización de este trabajo fue posible gracias al financiamiento otorgado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco – Universidad de Guadalajara, a través del proyecto COECYT-UDG, Convocatoria 2008, con clave 25-2008-609 titulado **“Extensión de servicios de la Universidad de Guadalajara al sector acuícola de Jalisco: estudio integral del efecto de dietas a base de aceite vegetal y probióticos sobre la productividad y biología de la tilapia y bagre de crianza en Jalisco”** y el apoyo del Proyecto P3E 2010 y 2011 de Apoyo a la Investigación de la Universidad de Guadalajara.

Índice General

I. Resumen.	12
II. Introducción.	13
III. Antecedentes.	17
3.1. Acuicultura.....	17
3.2. Industria de los aceites y harina de pescado y soya en piensos para la acuicultura.	18
3.3. Descripción, biología, hábitat y situación actual del bagre de canal.....	20
3.4. Parámetros fisicoquímicos óptimos.	21
3.5. Interés comercial de la especie.....	21
3.6. Probióticos.....	22
3.6.1. Los probióticos como alternativa en la acuicultura.....	23
3.6.2. El uso de probióticos en acuicultura.	23
IV. Planteamiento del problema y justificación.	26
4.1 Planteamiento del problema.	26
4.2 Justificación.	27
V. Objetivos.	28
5.1. Objetivo general.	28
5.2. Objetivos Particulares.	28
VI. Materiales y Métodos.	29
6.1. Organismos.....	29
6.1.1. Condiciones en sistema de recirculación.....	29
6.2. Dietas y probiótico.....	30
6.3. Muestras, sacrificio y almacenaje.	30
6.4. Análisis de Proteínas.....	31
6.5. Análisis de Lípidos.....	31
6.6. Humedad.....	32
6.7. Materia seca.....	33
6.8. Cenizas.....	33
6.9. Análisis estadístico.....	34
VII. Resultados.	35
7.1. Parámetros fisicoquímicos del agua durante los 90 días de experimento.....	35
7.1.1. Temperatura del agua.....	35

7.1.2. Oxígeno disuelto en agua.....	36
7.1.3. Potencial de hidrógeno (pH).....	37
7.1.4. Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) disuelto en agua.....	38
7.1.5. Dureza total en agua.....	39
7.1.6. Nitritos y Nitratos (NO ₂ , NO ₃) disueltos en agua.....	39
7.2. El sistema de recirculación.....	40
7.3. Parámetros de producción calculados.....	40
7.4. Crecimiento.....	41
7.4.1. Peso diario ganado (DWG).....	44
7.4.2. Tasa de crecimiento específico (SGR%).....	46
7.4.3. Tasa instantánea de Crecimiento (TIC).....	48
7.5. Tabla resumen de crecimientos al final del experimento.....	50
7.6. Proteínas.....	52
7.7. Lípidos.....	55
7.8. Composición bioquímica general de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>).....	57
VIII. Discusión.....	58
8.1. Condiciones de cultivo y alimentación.....	58
8.2. El uso de probióticos para el crecimiento.....	59
8.3. Crecimiento.....	60
8.4. Tasa instantánea de crecimiento (TIC).....	62
8.5. Tasa específica de crecimiento (SGR%) y peso diario ganado (DWG).....	64
8.6. Proteínas.....	65
8.7. Lípidos.....	67
IX. Conclusiones.....	70
X. Recomendaciones.....	72
XI. Literatura Citada.....	73

Índice de Figuras.

Figura 1: Temperatura registrada en el sistema durante el periodo experimental.....	35
Figura 2: Saturación de oxígeno disuelto registrado durante el periodo experimental.	36
Figura 3: pH registrado durante el periodo experimental.....	37
Figura 4: NAT registrado durante el periodo experimental.	38
Figura 5: Dureza total de agua registrada durante el periodo experimental.	39
Figura 6: Crecimiento de los organismos en gramos hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar.	43
Figura 7: Peso diario ganado (DWG) en gramos de pez al día, hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar	45
Figura 8: Tasa específica de crecimiento (SGR%) al día durante 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar.....	47
Figura 9: Tasa instantánea de crecimiento (TIC) representada en gramos de pez al día hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar.	50
Figura 10: Porcentaje de proteínas con base al peso seco del en músculo de bagre de canal hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar	54
Figura 11: Porcentaje de lípidos con base al peso seco en músculo de bagre de canal hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar.	56

Índice de Tablas.

Tabla 1: Parámetros óptimos y nivel de tolerancia de calidad de agua para el cultivo de Bagre de Canal (<i>I. punctatus</i>). SAGARPA, 2008.	21
Tabla 2: Tabla resumen de crecimientos de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) por quincena hasta 90 días (g + desviaciones estándar).	43
Tabla 3: Tabla resumen de peso diario ganado de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) por quincena hasta 90 días (g + desviaciones estándar).	45
Tabla 4: Tabla resumen de tasa específica de crecimiento (SGR%) de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) por quincena hasta 90 días (%g + desviaciones estándar).	48
Tabla 5: Tabla resumen de tasa instantánea de crecimiento (TIC) de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) por quincena hasta 90 días (g + desviaciones estándar).	50
Tabla 6: Crecimientos en bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).	51
Tabla 7: Porcentaje de proteínas con base al peso seco en músculo de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).....	54
Tabla 8: Porcentaje de lípidos con base al peso seco en músculo de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).	56
Tabla 9: composición bioquímica general de bagre de canal (<i>I. punctatus</i>) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).	57

I. Resumen.

Se llevó a cabo un estudio del efecto de un probiótico comercial (Bacterol-Shrimp Forte) y de una dieta alternativa (con aceite de soya) sobre el crecimiento de bagre de canal (*I. punctatus*). Los organismos de peso inicial de 1.0 ± 0.2 g fueron mantenidos en un sistema de recirculación, distribuidos en 12 peceras de 80 litros a razón de 25 bagres por pecera, alimentados con cuatro dietas por triplicado, utilizando pellet comercial con 35% de proteína cruda. Las dietas difirieron en su contenido de probiótico y fuente de ácidos grasos: Aceite de pescado y soya, Aceite de pescado y soya + probiótico, Aceite de soya y finalmente Aceite de soya + probiótico; el probiótico liofilizado fue adicionado a ración de 1 g/kg de alimento. Los organismos fueron criados durante 90 días bajo condiciones óptimas para el cultivo de esta especie y se llevaron a cabo biometrias (peso y longitud estándar) de los organismos cada 15 días así como el sacrificio y almacenaje de 1 organismo por pecera para el análisis de proteínas (Bradford) y de lípidos (Folch), obtención de cenizas, peso húmedo y seco a partir de tejido muscular del pez. Se encontraron diferencias significativas en la cantidad de proteína total en musculo en diferentes fechas. Se determinaron además los porcentajes de pesos ganados (WG), el peso diario ganado (DWG), la tasa específica de crecimiento (%SGR), y la tasa instantánea de crecimiento (TIC). Se encontraron diferencias estadísticas en %SGR y TIC a mediados del periodo experimental (Quincena 4) a partir de esta fecha y hasta el final del periodo evaluado se pudo apreciar una tendencia a la mejoría en el crecimiento de los bagres alimentados con la dieta aceite de pescado y soya + probiótico. Al final del estudio los peces con mayor peso corresponden a la dieta aceite pescado y soya + probiótico (50.85 ± 8.69 g) y la menor fue la dieta aceite pescado y soya (45.30 ± 13 g) es decir un 10.9 % de diferencia. Este estudio demuestra que al final del periodo de evaluación no existió todavía diferencia significativa en el crecimiento del bagre de canal alimentado con las cuatro dietas, sin embargo, con base en las tendencias se sugiere llevar a cabo estudios de mayor duración para definir si la tendencia en la mejora de crecimiento utilizando dietas suplementadas con probióticos se confirma estadísticamente.

II. Introducción.

La producción mundial de la pesca de captura y acuicultura proporcionó unos 142 millones de toneladas de pescado para consumo humano en el 2008, lo que equivale a un suministro *per cápita* teórico de 17 kg (equivalente en peso vivo), una cifra que se encuentra entre las más elevadas registradas hasta el momento. La acuicultura generó el 46% del suministro total de pescado comestible. En el 2007 el pescado representó el 15,7% del aporte de proteínas animales de la población mundial y el 6,1 % de todas las proteínas consumidas. En el ámbito mundial el pescado proporciona a más de 1500 millones de personas el 20% de su aporte medio *per cápita* de proteína animal y a 3000 millones de personas al menos el 15% de dicha proteína. La acuicultura crece más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, y a mayor ritmo que la población. El suministro *per cápita* de productos acuícolas pasó de 0.7 kg en 1970 a 7.8 kg en 2008, lo que representa una tasa de crecimiento media anual del 6.9 %.

Se espera que la acuicultura supere a la pesca de captura como fuente de alimentación. En 2006, los países de las regiones de Asia y el Pacífico produjeron el 89 % de la cantidad total y el 77 % del valor total de la pesca y acuicultura. El análisis de la producción por regiones del periodo 1970-2006 muestra además la progresión de América Latina y el Caribe que presentan la mayor tasa de crecimiento medio anual (22,0 %). La mayor parte de la producción acuícola de pescado, crustáceos y moluscos proviene de aguas continentales (61 % del total). Así el sector pesquero es una fuente de ingresos y medios de subsistencia para millones de personas en todo el mundo. El empleo en la pesca y la acuicultura ha aumentado notablemente en las últimas décadas con un índice de crecimiento medio del 3,6 % anual desde 1980. (FAO, 2010a).

El sector pesquero es una fuente de ingresos y medios de subsistencia para millones de personas en todo el mundo. El empleo en la pesca y la acuicultura ha aumentado notablemente en las últimas tres décadas con un índice de crecimiento medio del 3,6 % anual desde 1980. Se calcula que en 2008, 44,9 millones de personas participaban directamente a tiempo completo o, más frecuentemente, a tiempo parcial, en la pesca de captura o en la acuicultura, y al menos el 12 % de estas personas eran mujeres. Los acuicultores constituyeron una cuarta parte del número total de trabajadores del sector pesquero y ascendieron a cerca de 11 millones de personas.

El número de personas empleadas en la producción directa en el sector de la pesca y la acuicultura no puede considerarse el único indicador de la importancia de la pesca para la economía nacional. Además de los pescadores y los acuicultores, existen personas dedicadas a otras actividades auxiliares como la elaboración de tecnologías, la fabricación de redes y aparejos, la producción y el suministro de hielo, la construcción de equipo para el cultivo del pescado, el empaquetado, la comercialización y la distribución. Existen también personas dedicadas a la investigación, el desarrollo y la administración relacionados con el sector pesquero. No se dispone de datos oficiales sobre el número aproximado de personas participantes en estas actividades, sin embargo algunas cifras indican que por cada persona empleada en la producción de la pesca de captura y la acuicultura existen unos tres puestos de trabajos en actividades secundarias, incluida la fase posterior a la captura, con un total de más de 180 millones de empleos en toda la industria pesquera a nivel mundial. Además, cada trabajador tiene a su cargo en promedio a tres dependientes o familiares. Por ello, los pescadores, los acuicultores y las personas que les prestan servicios y proporcionan productos garantizan los medios de subsistencia de un total de 540 millones de personas, el 8,0 % de la población mundial (FAO, 2010a).

En México se introdujo por primera vez el bagre de canal (*I. punctatus*) en la presa "La Boquilla" Chihuahua, en 1976. El bagre junto con la trucha se importó de Estados Unidos y fueron las especies que dieron la pauta para el surgimiento de la piscicultura industrial en este país (Aguilera y Zarza, 1986).

En el año 2007 se estimó que México, generó 2,801 toneladas de bagre por acuicultura, casi el 50% (5,501 toneladas) del generado por pesquería, producido mediante el cultivo de jaulas (31,155m³) y estanques (31,148 m³), este producto mostró durante el 2007 un aumento de producción del 8% en comparación con el año anterior y los principales productores fueron los estados de Durango, Tamaulipas, Sinaloa y Michoacán (CONAPESCA, 2007).

En Jalisco en particular se consume mucho en las zonas lacustres del estado (Chapala y Sayula), donde se tenía la costumbre de consumir bagre nativo (*I. ochoterenai*) sin embargo, con el desarrollo de la acuicultura actualmente se cría y consume el bagre de canal (Juárez-Carrillo, com.pers.).

La acuicultura provee una amplia variedad de oportunidades en producción de organismos acuáticos debido a que el cultivo de estos representa una fuente importante de proteína de alta calidad (Sihag y Parvati, 2012). Por lo tanto, es necesario llevar a cabo esta actividad bajo sistemas de cultivo intensivos y semi-intensivos; la intensificación da como resultado el estrés ambiental que es reflejado en una serie de problemas en los organismos acuáticos principalmente enfermedades. El control más común para las enfermedades es el uso de antibióticos sin embargo, la utilidad de estos como medida preventiva ha sido cuestionada debido principalmente a la adquisición de genes que provocan resistencia por parte de los patógenos y la propagación horizontal de plásmidos patógenos del pescado hacia los humanos (Gómez y colaboradores, 2007).

El uso de una microbiota como probiótico en acuicultura es ampliamente aceptado, existen suplementos o preparaciones de probióticos comerciales disponibles que se utilizan en granjas acuícolas para el cultivo de peces, camarones y moluscos adicionados en alimento o incorporados directamente en el agua. De acuerdo con los productores, estos productos son efectivos y seguros mejorando así la salud de los organismos acuáticos. Se ha visto además que los beneficios de estos suplementos incluyen la mejora alimenticia del organismo, contribución enzimática a la digestión, inhibición de organismos patógenos, actividad antimutagénica y anticarcinogénica, promotor de crecimiento, además de incremento en la respuesta inmune (Wang y colaboradores, 2008).

III. Antecedentes.

3.1. Acuicultura.

La acuicultura se define como la cría de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos, plantas y supone la intervención humana para incrementar la producción; por ejemplo, concentrar poblaciones de peces, alimentarlos o protegerlos de los depredadores. La mayor parte de la acuicultura se lleva a cabo en países en desarrollo y se enfoca en la producción de especies de peces de agua dulce como la tilapia o la carpa (FAO, 2003).

La acuicultura tiene una larga historia cuyas raíces se remontan a más de 2000 años en China. La intensificación del cultivo de organismos acuáticos y la globalización del mercado de mariscos han dado lugar a notables avances y desarrollos en la industria acuícola. Sin embargo la economía de la mayoría de las operaciones acuícolas moderna exige el cultivo de hidrobiontes a altas densidades y como consecuencia se incrementa la probabilidad de la exposición de los organismos a elevadas condiciones de estrés que provocan enfermedades y el deterioro de las condiciones ambientales. A menudo el resultado es reflejado en serias pérdidas económicas (Wang y colaboradores, 2008).

En acuicultura el cultivo de especies dulce acuícolas es el segundo grupo de mayor desarrollo después del cultivo de moluscos de concha. En el caso de las especies de agua dulce, las tilapias, carpas y bagres son los peces más cultivados y diseminados en una amplia variedad de embalses y cuerpos de agua de las diferentes regiones del mundo y del país. Cabe señalar que la acuicultura es una de las actividades que ha presentado un crecimiento constante y posee una importancia estratégica económica y de seguridad alimentaria para múltiples países, sobre todo en vías de desarrollo. La acuicultura de especies dulce acuícolas tiene la capacidad de brindar productos que pueden cubrir las necesidades de un mercado consumidor creciente, también tiene la capacidad de evitar que continúe la explotación excesiva de los recursos naturales de aguas epicontinentales,

salobres y marinas motivados por los bajos ingresos de las familias (Aguirre-Guzmán y colaboradores, 2010).

3.2. Industria de los aceites y harina de pescado y soya en piensos para la acuicultura.

La harina y el aceite de pescado han jugado un papel importante en la preparación de dietas para especies carnívoras y omnívoras en acuicultura.

El uso de harina de pescado en los piensos se debe principalmente a que ha sido siempre la fuente ideal de un perfil de aminoácidos para muchas especies acuáticas, es altamente palatable convirtiéndolo en un alimento muy atractivo para el pez promoviendo la máxima ingesta de alimento.

El aceite de pescado ha jugado un papel similar ofreciendo una fuente de energía ideal así como proporcionar los ácidos grasos esenciales para peces y crustáceos de cultivo, lo que genera un producto final que asegura la salud con altos niveles de omega-3, ácidos grasos cada vez más buscados por el consumidor (Jackson, 2005).

Sin embargo, con el rápido crecimiento de la acuicultura en el mundo, combinado con la naturaleza finita de la sustentabilidad de las pesquerías, la preocupación principal es acerca de si existe suficiente harina y aceite de pescado para satisfacer la creciente demanda de la acuicultura, por lo tanto, soportar su crecimiento puede ser un factor que limite la disponibilidad de estos productos (SEAFEEDS, 2003).

La producción global en los últimos 50 años de harina de pescado ha oscilado entre 4 y 7 millones de toneladas y el aceite de pescado entre 0.9 y 0.5 millones de toneladas. El fenómeno de El Niño 2010 causó una de las producciones más bajas de harina de los últimos 40 años. Lo contrario ocurre con la acuicultura que continua creciendo a un ritmo mayor que el consumo de

ingredientes de origen marino en las raciones. El consumo de harina de pescado en acuicultura oscila aproximadamente en 800 mil toneladas en los últimos 10 años, mientras que el de aceite se mantenido casi estable aproximadamente con 100 mil toneladas. El uso de harina de pescado ha disminuido en la última década debido a una mayor eficiencia en la composición de raciones balanceadas, además de la sustitución por otros ingredientes como aceites y proteínas de origen vegetal (Jackson y Aldon, 2006).

La soya es, a nivel mundial, una de las mejores fuentes de ácidos grasos esenciales, omega-3, proteínas y grasas insaturadas. La harina de soya, concentrado de proteína de soya y aceite de soya, se puede reemplazar por las harinas y aceites de pescado desde un tercio o la mitad en los piensos formulados para muchas especies cultivadas, reduciendo la necesidad de la sobreexplotación pesquera. Harina y aceite de soya son menos costosas que las harinas de origen animal incluyendo la harina de pescado, reduciendo los costos de alimento críticamente para mejorar la eficiencia y mantener sustentable la acuicultura (SOY-FED FISH, 2012).

Debido a las presiones económicas a causa de los altos precios en harinas y aceites de pescado por parte de los compradores y consumidores, es que se requieren prácticas sustentables y económicamente viables. Actualmente los fabricantes de piensos y los productores han adoptado un enfoque pragmático en la búsqueda de piensos que no solo reduzcan los costos de producción de alimentos, si no que también mejoren su imagen pública, fomentando el uso de harina y aceite de soya para la formulación de dietas reducidas en costos y a su vez que sustentabilice la industria del crecimiento en la acuicultura (Tzachi, 2010).

3.3. Descripción, biología, hábitat y situación actual del bagre de canal.

Ámbito: Encontramos naturalmente a los bagres de canal desde la vertiente del Atlántico, sur de Canadá, hacia el sur a través de los Estados Unidos de América por los estados centrales entre las montañas rocallosas y los Apalaches, hasta el sur de Florida y el bajo río Bravo; hacia el sur a lo largo de la vertiente atlántica del este de México, hasta la cuenca del río Cazonas (tierras bajas y pies de monte) Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Veracruz. Esta especie se ha usado ampliamente en acuicultura en el norte y centro de México y se ha introducido y naturalizado en muchos sitios, tanto en la vertiente del Atlántico como en la del Pacífico (Miller, 2009).

Hábitat: Arroyos grandes y sus afluentes de gradiente bajo moderado, los adultos se localizan en el agua profunda en remansos grandes, los jóvenes a menudo en rápidos o en la parte somera de los remansos; en lagos o embalses grandes suelen moverse hacia la orilla (Miller, 2009).

Biología: Se alimentan de noche en los rápidos o remansos someros, o bien a lo largo de la orilla de los lagos y presas. Las poblaciones introducidas en Arizona y California desovan generalmente de abril a principios de junio, probablemente antes en el Este de México. Se pone una masa de huevos gelatinosa en una oquedad o depresión protegida, donde los machos adoptan un color corporal más oscuro que las hembras, a menudo azulado o azul-negro, y desarrollan labios engrosados y cabezas protuberantes (como es típico para los machos reproductivos de muchos ictalúridos). Son primordialmente bentófagos, con una dieta variada que incluye peces, insectos, crustáceos, moluscos y mucha materia vegetal. El espécimen de máximo tamaño conocido es de 81.5 cm con un peso cerca de 20 kg (Miller, 2009).

3.4. Parámetros físicoquímicos óptimos.

El mantenimiento de una buena calidad de agua en los estanques de producción es absolutamente esencial. De lo contrario se observa la falta de crecimiento de los organismos o una conversión alimenticia escasa y en un panorama mucho peor, la pérdida total de todos los organismos (Tucker y Robinson, 1990); la tabla 1 muestra una relación de parámetros óptimos para bagre de canal, de acuerdo a SAGARPA (2008).

Tabla 1: Parámetros óptimos y nivel de tolerancia de calidad de agua para el cultivo de Bagre de Canal (*I. punctatus*). SAGARPA, 2008.

Parámetro	Nivel Óptimo	Nivel de Tolerancia
Oxígeno disuelto (mg/L)	5 - 10	2 – 300 % de saturación
Salinidad (%)	0.5 - 3	< 1 - 8
pH	6 - 9	5 - 10
Alcalinidad total (mg/L CaCO ₃)	20 - 400	< 1 - > 400
Dureza total (mg/L)	20 - 400	20 -400
Dióxido de carbono (mg/L)	0	Depende de la concentración de oxígeno disuelto
Amonio no-ionizado, N-NH ₃ (mg/L)	0	< 0.2
Nitrito, N-NO ₂ (mg/L)	0	Depende de la concentración de cloruros
Temperatura (°C)	25 - 30	0 - 40

3.5. Interés comercial de la especie.

El interés por el cultivo del bagre de canal (*I. punctatus*, Rafinesque, 1818) se inició cuando la Comisión de Peces y Pesquerías de los Estados Unidos de América comenzó a sembrar peces recolectados de la naturaleza en 1870. Los bagres sembrados eran nativos principalmente del Valle del Río Mississippi. La acuicultura comercial fue considerada como económicamente práctica a finales de la década de los años 50, y el cultivo del bagre creció rápidamente durante los años 60

y 70 en la medida que se desarrollaron mejoras en el manejo de estanques, identificación y control de enfermedades y alimentos preparados, que los cultivadores posteriormente adoptaron. Los bagres de canal se cultivan en pozas, cajas y tanques circulares o canales de alta velocidad, comúnmente se hace monocultivos, aunque en países subdesarrollados se hacen policultivos con carpas y tilapias. Los bagres han sido introducidos a Europa, la Federación Rusa, Cuba y algunos países de Latino América, las primeras introducciones fueron como presas para la pesca recreativa, sin embargo, la producción va en aumento y en países como Brasil se ha convertido en una industria pujante. En México por la costumbre añeja del consumo de esta especie se cultiva en diversas regiones destacando Tamaulipas y Jalisco (FAO, 2010b).

3.6. Probióticos.

En décadas recientes el control y la prevención de enfermedades en acuicultura han llevado a un sustancial incremento en el uso de químicos aditivos y medicinas de uso veterinario, consecuentemente, se ha documentado la resistencia a antimicrobianos (antibióticos) entre las bacterias patógenas (Nomoto, 2005), por lo tanto es necesaria la búsqueda de nuevas soluciones al uso (y abuso) de antibióticos. Son los probióticos una nueva fuente de productos naturales para el control de enfermedades. El probiótico es aquel producto cultivado o suplemento alimenticio microbiano, que afecta benéficamente al hospedero mediante la mejora del balance en la biota microbiana intestinal y que además puede comercializarse (Fuller, 1987). El interés en tratamientos preventivos amigables para el medio ambiente y para el pez crece rápidamente con la demanda de una producción sustentable y el empleo de técnicas alternativas basadas en experimentación bajo condiciones controladas (Gatesoupe, 2000).

3.6.1. Los probióticos como alternativa en la acuicultura.

El grupo de probióticos usados en la acuicultura está conformado por bacterias Gram-negativas y Gram-positivas, bacteriófagos, levaduras y algas unicelulares (Irianto y Austin, 2002); en comparación con los probióticos de uso humano y ganado, se propone que el modo de acción del probiótico de uso acuático es mediante una exclusión competitiva del probiótico contra las bacterias patógenas, así pues el probiótico ocupa nichos en el tracto digestivo y antagoniza cualquier patógeno potencial (Jöborn y colaboradores, 1997) mediante la producción de compuestos inhibitorios o con la competición por nutrientes, espacio (sitios de adhesión en el tracto digestivo) u oxígeno (Fuller, 1987).

Los probióticos han sido ampliamente aceptados para uso veterinario, con productos disponibles en muchos países para el ganado y aves de corral (Fulton y colaboradores, 2002); en acuicultura es comparativamente nuevo y tiene un origen impreciso, pero es claro que los productos han sido ampliamente utilizados en peces e invertebrados, particularmente en Sudamérica (Chile y Ecuador) y Asia (especialmente China e India) (Austin y Brunt, 2009).

Se han demostrado sus beneficios en el control de bacterias patógenas, fuente de nutrientes y mejoramiento de la digestión por efecto de enzimas, eliminación de materia orgánica disuelta, a la vez que incrementa la respuesta inmune contra organismos patógenos (Irianto y Austin, 2002).

3.6.2. El uso de probióticos en acuicultura.

Macey y Coyne (2006), demostraron la mejora de la actividad de las proteasas, en abulón, después de la administración de probióticos de *Vibrio midae* SY9, *Cryptococcus* sp. SS1 y *Debaryomyces hansenii* AY1. De igual manera Lara-Flores y colaboradores (2003) administraron *S. cerevisiae* como probiótico a Tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) y reportaron un mejoramiento en crecimiento y eficiencia alimenticia.

Welker y colaboradores (2007), observaron que al añadir subcomponentes de células y levaduras como probióticos en la dieta de bagres de río juveniles *I. punctatus*, se desarrolla resistencia a *Edwardsiella ictaluri* que es un agente causante de la septicemia entérica en esta especie.

Díaz-Rosales y colaboradores (2006), demostraron una mayor respuesta inmune contra la vibriosis en el pez dorada europea *Spartus aurata*, en dietas enriquecidas con *Vibrionaceae* muertas como probiótico, así mismo, Ahilan y colaboradores (2004) utilizaron *Lactobacillus spp.* en la dieta de pez dorado, *Carassius auratus* y observaron un mayor crecimiento.

Gatesoupe (1997, 2002) reporta que la aplicación de los probióticos, incluyendo su uso como alimento vivo como *Artemia spp.* y rotíferos, proporciona mayor resistencia y supervivencia al patógeno *Vibrio splendidus* en larvas de Lenguado *Scophthalmus maximus* en dietas artificiales. Gatesoupe (2002) también demostró el incremento en el crecimiento del bacalao, *Pollachius pollachius*, alimentado con nauplio de *Artemia sp.* enriquecida con *Pediococcus acidilactici*. Gross y colaboradores (2003) reportan el uso de una población de bacterias endémicas como probióticos para la nitrificación de suelo en biofiltros, demostrando similitud con biofiltros recién activados de bacterias desnitrificantes que reduce el tiempo de activación y proporciona un rendimiento superior a los biofiltros similares.

De acuerdo con Queiroz y Boyd (1998), las preparaciones comerciales de probiótico con *Bacillus* utilizadas en *I. punctatus* mejoran las variables en calidad de agua, así como la supervivencia y producción neta.

Al-Dohail y colaboradores (2009) obtuvieron resultados significativos en Bagre africano (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) alimentado *Lactobacillus acidophilus* ya que demostraron una mejora en crecimiento [en las tasas de crecimiento específico y relativo], utilización de nutrientes [tasa de

eficiencia de proteína y tasa de conversión alimenticia], aumento en la supervivencia y la concentración total de inmunoglobulinas.

Vine y colaboradores (2004a) demostraron como *V. alginolyticus* desplazó a las bacterias patógenas *Aeromonas hydrophila* y *Vibrio alginolyticus* del mucus intestinal del pez payaso (*Amphiprion percula*).

El uso de un probiótico comercial (Biostart) utilizado en dietas ha demostrado resultados significativos en supervivencia (Queiroz y Boyd, 1998; Al-Dohail y colaboradores, 2009), así como inmunidad a enfermedades (Shelby y colaboradores, 2007) y mejora en eficiencia alimenticia (Lara-Flores y colaboradores, 2003; Al-Dohail y colaboradores, 2009).

En el presente trabajo se evaluó el crecimiento del bagre de canal (*I. punctatus*) alimentado con dietas prácticas (piensos comerciales o alimentos balanceados de uso común en la industria) ricas en aceite de soya y de pescado adicionadas con probiótico bajo condiciones controladas.

IV. Planteamiento del problema y justificación.

4.1 Planteamiento del problema.

La pesca de captura y la acuicultura suministraron al mundo unos 142 millones de toneladas de pescado en 2008, de estas 115 millones se destinaron al consumo humano. En 2007 el pescado representó el 15,7% del aporte de proteínas animales de la población mundial y el 6,1 % de todas las proteínas consumidas. Así, el sector pesquero constituye una fuente notable de oportunidades laborales, además de ser una importante función en la generación de empleo y seguridad alimentaria.

El bagre de canal (*I. punctatus*) se introdujo por primera vez en México en 1976 y junto con la trucha dieron la pauta para el surgimiento de la piscicultura industrial. Hoy la acuicultura en México es un importante sector productivo, creciente y vigoroso. Sin embargo, la intensificación de los cultivos da como resultado el estrés ambiental que es reflejado en una serie de problemas en los organismos acuáticos principalmente enfermedades.

El método de prevención y control más común de las enfermedades es la aplicación de antibióticos, sin embargo, su uso excesivo provoca resistencia a los antibióticos, para evitar esto el dentro del sector acuícola son necesarias alternativas. Hoy en día existen suplementos o preparaciones de probióticos comerciales disponibles especialmente formulados para los peces cuyo fin es mejorar la salud del pez y mejorar el crecimiento del mismo. La eficacia de los productos comerciales varía de acuerdo a la especie y a las condiciones ambientales por lo que es necesario realizar estudios en condiciones controladas antes de su introducción a sistemas de producción intensivos en granjas acuícolas.

4.2 Justificación.

El excesivo costo de enfrentar enfermedades y los problemas ambientales derivados del uso desmedido de antibióticos en acuicultura, así como la resistencia a estos, han llevado a los acuicultores a utilizar alternativas como probióticos, los cuales además de estimular el sistema inmune de los peces pueden favorecer el crecimiento de algunas especies en cultivo y disminuir los gastos en el control de enfermedades, lo cual puede verse reflejado en la economía del productor y la obtención de organismos más sanos que ofrecen una fuente vital de proteína libre de agentes químicos.

V. Objetivos.

5.1. Objetivo general.

Evaluar el efecto de la adición de probiótico en dietas practicas sobre parámetros productivos del bagre de Canal (*I. punctatus*).

5.2. Objetivos Particulares.

- Analizar el efecto de la adición de probióticos sobre el crecimiento (peso de los organismos) del bagre de canal (*I. punctatus*) con distintas dietas experimentales.
- Evaluar los porcentajes de lípidos, proteínas, peso seco, peso húmedo y cenizas de músculo de bagre de canal.
- Determinar el aumento de peso del bagre de canal mediante los índices de eficiencia de crecimiento (peso diario ganado (DWG), tasa específica de crecimiento (SGR%), tasa instantánea de crecimiento (TIC)).

VI. Materiales y Métodos.

6.1. Organismos.

Este experimento se llevo a cabo en el Laboratorio Húmedo (LH) del Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del departamento de Ecología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. El periodo de estudio fué de 13 semanas, más 15 días de aclimatación para los peces. Se utilizaron bagres de canal (*I. punctatus*) con un peso inicial de 1.0 ± 0.2 g, adquiridos de la Granja Acuicola Aquamol S.A. de R.L. ubicada en Jamay, Jalisco. Los peces fueron aclimatados a condiciones de laboratorio durante 6 semanas y alimentados con pellet comercial de 1.5 mm, al 42% de proteína cruda de la marca El Pedregal® hasta alcanzar un peso aproximado de 6.83 g.

6.1.1. Condiciones en sistema de recirculación.

Los peces se mantuvieron en un sistema de recirculación de 1,360 litros construido en el Laboratorio Húmedo, que consta de 12 tanques (peceras de vidrio de 30 x 45 x 60 cm de 80 litros), donde se distribuyeron 25 bagres en cada uno de ellos. El sistema de recirculación contaba con dos filtros; uno mecánico (para la separación de sólidos) y otro biológico (sacos con rebaba de PVC para la colonización de bacterias desnitrificantes *Nitrobacter sp* y *Nitrosoma sp*), un set de lámparas de luz ultravioleta (UV) para esterilización de que consta de 3 tubos de luz UV 15,000 mWcm², además de 3 calentadores eléctricos (2 RESUN RH9000 150 watts. y 1 de titanio FINNEX HC-0800 de 800 watts). Para impulsar el agua del sistema se utilizó una bomba sumergible PG-18000 marca RESUN. El recambio de agua era de 2.34 veces/h por pecera con aireación constante en cada una de las peceras (2 piedras aireadoras de carborundum) suministrado por un soplador SWEETWATER de 1 hp. Se realizaron semanalmente mediciones de los siguientes parámetros fisicoquímicos: oxígeno, temperatura, pH, NAT (Nitrógeno Amoniacal Total), nitritos y nitratos, para mantener los

niveles óptimos del experimento la medición de los parámetros es de acuerdo a lo que marca la SAGARPA y pueden ser observados en la tabla 1.

6.2. Dietas y probiótico.

Se suministraron 4 dietas prácticas por triplicado (en total 12 unidades experimentales) distribuidas al azar. Las dietas fueron:

- Dieta A (Pellet comercial a base de aceite de pescado (2%) y aceite de soya (6%) y 35% de proteína cruda (PC), Control.
- Dieta B (Pellet comercial a base de aceite de pescado (2%) y aceite de soya (6%) con 35% PC + probiótico 1 g/kg de alimento).
- Dieta C (Pellet comercial a base de aceite de soya (8%) con 35% de PC)
- Dieta D (Pellet comercial a base de aceite de soya (8%) con 35% de PC + probiótico 1g/kg de alimento).

Probiótico comercial de la marca Bacterol-Shrimp Forte, el cual es un tratamiento específico para acuicultura de bioenzimas, levaduras y vitaminas, este fue suministrado en proporción de 1 gramo por cada kilo de alimento en forma seca. Está compuesto de 14 especies de microorganismos benéficos que incluyen *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus* y bacterias nitrificantes y fotosintéticas. El contenido de bacterias es de 10^7 ufc/g.

6.3. Muestras, sacrificio y almacenaje.

Cada 15 días se colectó un individuo de cada una de las unidades experimentales, fueron desnucados cortando las meninges con tijeras de disección, conservándose hígado y cuerpo entero, sin vísceras; el tejido muscular se utilizó para realizar los análisis bioquímicos correspondientes y fueron almacenadas en un ultracongelador a -20°C .

6.4. Análisis de Proteínas.

La cuantificación de las proteínas se realizó de acuerdo al método de Bradford M. M. (1976). Se tomaron 50 mg de tejido muscular, el cuál fue pesado en tubos Eppendorf de 2ml; se agregó 500µl de buffer de fosfatos (pH 7, 0.1 M), posteriormente se homogenizó en un Ultraturrax (ultrahomogenizador) durante 5 minutos a 10,000 rpm, después las muestras fueron centrifugadas a 4 °C a 1,200 rpm por 20 minutos, en una centrifuga refrigerada (marca Hermle Z233 Mk-2), se colectó el sobrenadante. Se utilizó el protocolo estándar sugerido por la marca BIO-RAD para determinar las concentraciones de las proteínas en un rango de 20-150 µg de proteína, en una microplaca se añadieron 3 repeticiones estándar de proteína usando albúmina de suero bovino (BSA) diluido con 0.15 M de NaCl en concentraciones de 2000, 1500, 1000, 750, 500, 250, 125 y 0 (Muestra blanco= solo NaCl) µg/ml, posteriormente se añadieron 3 repeticiones con 5 µl de muestra, se añadieron 250 µl de colorante Azul Brillante de Coomassie G-250 a cada uno, las microplacas fueron llevadas al Elisómetro THERMO Multiskan Ascent para su lectura con un filtro de 595 nanómetros, el programa del elisómetro nos da resultados mediante una correlación de la cantidad de proteína concida y su valor de absorbancia, se calcula mediante el valor de absorbancia de las muestras para saber la cantidad de proteína presente en esta.

6.5. Análisis de Lípidos.

Se extrajeron los lípidos mediante la técnica de Folch (1957). Se pesaron 200 µg de tejido muscular, en tubos de 15 ml de la marca AXYGEN con una báscula de precisión (OHAUS), agregando 5 ml de solución Cloroformo-Metanol (C:M) 2:1 con BHT (Butil hidroxitolueno) al 0.01% (C:M BHT), posteriormente fueron homogenizados con un Ultraturrax a 10,000 rpm durante 4 minutos, devolviendo los restos de tejido al tubo y enjuagando la cuchilla del ultrahomogenizador con 5 ml de C:M, a este homogenizado se agregaron 2 ml de KCl al 0.88% y fue centrifugado a 1500 rpm en una centrifuga (marca Hermle Z233 Mk-2) durante 6 minutos. Se

obtuvieron 2 fases, la superior es eliminada y la inferior es extraída con una pipeta de vástago largo, se filtró con papel secante empapado con cloroformo y cloruro de potasio (KCl) en polvo (para secuestrar el exceso de agua en el extracto) a tubos de vidrio de 13 x 100 mm previamente etiquetados y pesados. El extracto fue sumergido a baño maría (34°C) y se evaporó a sequedad con nitrógeno. Los tubos con lípidos fueron transferidos a un desecador con sílica gel por 1.5 horas para eliminar la humedad y posteriormente fueron pesados y cuantificados respecto a la muestra obtenida.

6.6. Humedad.

De acuerdo con el método propuesto por la AOAC (1980), se obtuvo el peso húmedo mediante método gravimétrico utilizando una balanza de precisión (OHAUS), se registraron los pesos de los portaobjetos de vidrio vacíos, después se colocó 1 g de la muestra húmeda en el portaobjetos y se anotaron los pesos, finalmente las muestras fueron puestas a secar a 100°C durante 24 horas, transcurrido el tiempo eran extraídas del horno y puestas sometidas una hora en desecador de sílica gel, se calculó el contenido de humedad como el peso perdido de la muestra durante el secado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_i - P_f \times 100}{P_i}$$

Donde:

Pi = Peso inicial.

Pf = Peso final.

6.7. Materia seca.

Este porcentaje también fue realizado de acuerdo con la AOAC (1980), el cálculo fue basado en la siguiente operación:

$$\% \text{ de materia seca} = 100 - \% \text{ de humedad}$$

6.8. Cenizas.

El método para obtener el porcentaje de cenizas en seco fue realizado de acuerdo con los métodos propuestos por la AOAC (1980), se pesaron y registraron por separado los crisoles de porcelana en una báscula de precisión (OHAUS) que permanecieron 24 horas en un desecador de sílica gel y posteriormente se pesó el crisol junto con la muestra. Aproximadamente 1 g de muestra fue carbonizado en el crisol con un plato caliente (Corning PC-400) y sometido a 450° C por un periodo de 24 horas, retirada del horno y enfriado en un desecador de sílica gel por un par de horas, luego pesado en báscula de precisión para registrar, el peso y el porcentaje de cenizas obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$\%CbH = \frac{Mc \times 100}{Mh}$$

Donde:

%CbH= Porcentaje de Cenizas en Base Seca.

Mc = Peso de muestra cenizas.

Mh = Peso de muestra húmeda.

6.9. Análisis estadístico.

El análisis estadístico se hizo con los programas Excel© y Sigmastat©. Se realizó un análisis descriptivo de los datos y los distintos parámetros, se analizaron con pruebas de análisis de varianza (ANOVA) paramétrico en el caso que se cumplieran las acepciones para su aplicación. Cuando los datos no pasaron las pruebas de y/o normalidad y homocedasticidad se procedió a hacer ANOVA no paramétrico. Una vez que se detectaron diferencias estadísticas significativas se aplicaron pruebas *a posteriori* para discriminar los grupos.

VII. Resultados.

7.1. Parámetros fisicoquímicos del agua durante los 90 días de experimento.

7.1.1. Temperatura del agua.

La temperatura se midió todos los días (Figura 1) con un Oxímetro YSI 55 el cual tiene un Sensor de tipo Termistor cuyo rango es -5 a $+45 \pm 0.2$ °C y es reportada semanalmente adjunto a la medida del resto de los parámetros fisicoquímicos; en promedio se mantuvo en 27.61 ± 0.48 °C durante los 90 días que duro el experimento apegándose al parámetro optimo para bagre de canal que se muestra en la Tabla 1 (25-30 °C).

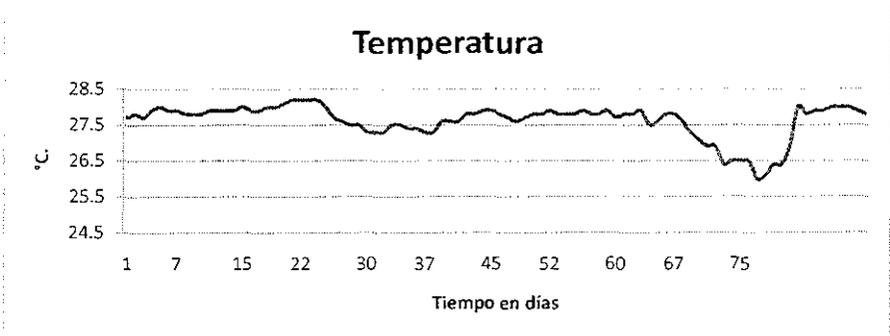


Figura 1: Temperatura registrada en el sistema durante el periodo experimental.

7.1.2. Oxígeno disuelto en agua.

El oxígeno disuelto era medido diariamente (figura 2) con un oxímetro YSI 55 con un promedio de 4.93 ± 0.37 mg/L manteniéndose dentro de lo recomendado (5-10 mg/L).

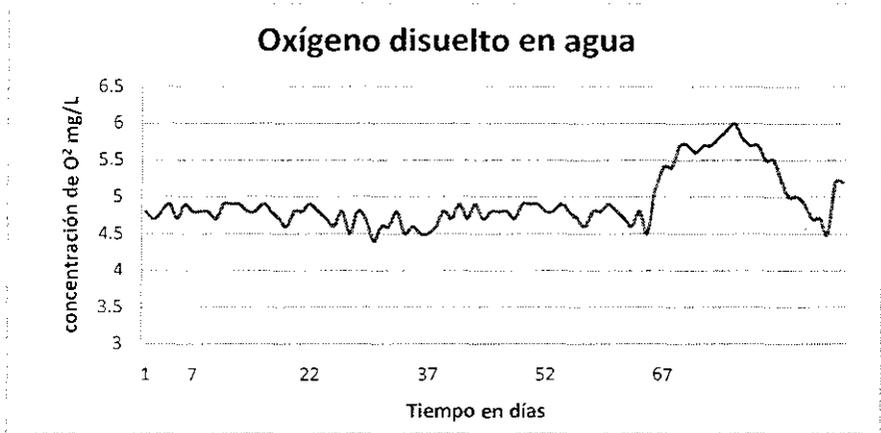


Figura 2: Saturación de oxígeno disuelto registrado durante el periodo experimental.

7.1.3. Potencial de hidrógeno (pH).

El pH se midió con un pH-metro (Orion 290 A ISE). Los cultivos mostraron un promedio de 7.16 ± 0.14 (figura 3) manteniéndose dentro de los valores biológicos recomendados (6-9).

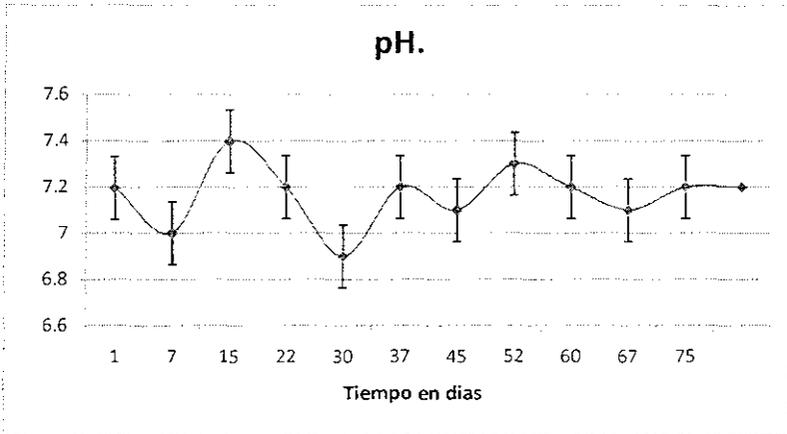


Figura 3: pH registrado durante el periodo experimental.

7.1.4. Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) disuelto en agua.

Este parámetro fue obtenido semanalmente mediante el método de Nessler (Figura 4) utilizando un espectrofotómetro portátil (HACH® DR-2010) con valores de 0.272 ± 0.082 mg/L, cuyo rango se encuentra en el óptimo para bagre de canal.

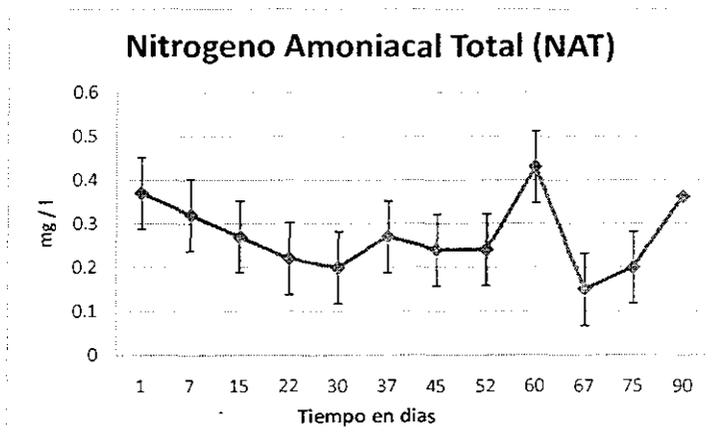


Figura 4: NAT registrado durante el período experimental.

7.1.5. Dureza total en agua.

La dureza total fue medida utilizando un kit de colorimetría (TESTSET GH) de la marca JBL®, obteniendo el valor de 70 ± 5.64 durante el periodo experimental, esto se ajusta de acuerdo con el parámetro óptimo para bagre de canal (*I. punctatus*) de 20-400 mg/L.

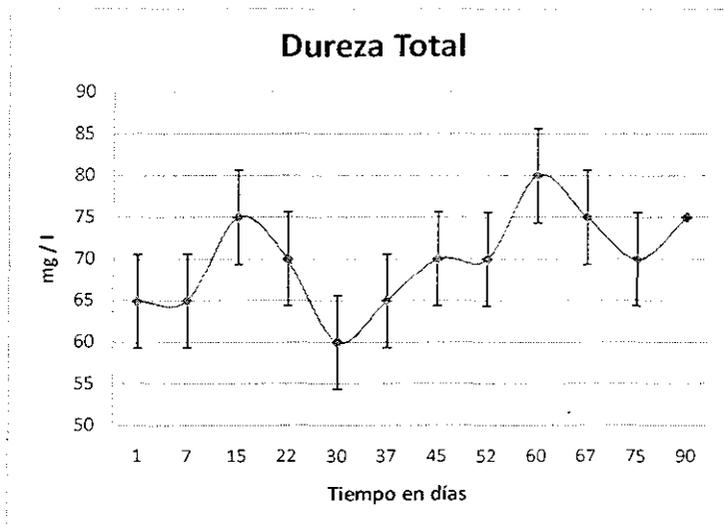


Figura 5: Dureza total de agua registrada durante el periodo experimental.

7.1.6. Nitritos y Nitratos (NO_2 , NO_3) disueltos en agua.

Los nitritos y nitratos fueron medidos semanalmente con el resto de los parámetros utilizando un kit de colorimetría (NITRITE & NITRATE: Marine & Freshwater Test Lab) de la marca Red Sea® los nitritos siempre con valor de 0 mg/L y los nitratos se mantuvieron con valores inferiores a los 0.20 mg/L presentaron valores óptimos durante el cultivo.

7.2. El sistema de recirculación.

El sistema de recirculación en acuicultura (SRA), es una tecnología en el tratamiento de agua para cultivos intensivos y semi-intensivos cuya ventaja es tener un monitoreo y control constante de las variables físico-químicas y sanitarias del agua, así como la reutilización del agua y la producción a altas densidades de organismos, debido a la naturaleza del SRA es permisible que mediante una serie de tratamientos del agua de cultivo garantizamos la calidad de agua óptima para el cultivo de bagre de canal (*I. punctatus*) en este experimento.

Se realizaban recambios del 30% de agua semanalmente y todos los parámetros físico-químicos fueron ajustados y monitoreados al nivel óptimo para el cultivo de esta especie durante todo el periodo experimental.

7.3. Parámetros de producción calculados.

La media del peso de organismos para cada pecera y tratamiento fue determinada dividiendo el peso total entre el número de peces en cada pecera. Peso diario ganado DWG (Daily Weight Gain), tasa de crecimiento específico SGR% (Specific Growth Rate), TIC (tasa instantánea de crecimiento), (%W) porcentaje de crecimiento y FCR (Feed Conversion Ratio) fueron calculados usando las siguientes ecuaciones.

$$(WG) \text{ Peso ganado} = 100 \times [(Pf - Pi) / Pi] = \% \text{ gr/pez}^{-1}$$

$$(DWG) \text{ Peso diario ganado} = \frac{Pf - Pi}{T} = \text{gr/pez/día}^{-1}$$

$$(SGR\%) \text{ tasa específica de crecimiento} = \frac{100 (\ln Pf - \ln Pi)}{T} = \% \text{ día}^{-1}$$

$$(TIC) \text{ tasa Instantánea de Crecimiento} = \frac{Pf - Pi}{Pi} = \text{gr/pez/día}^{-1}$$

Donde:

Ln = Logaritmo natural.

Pf = peso final.

Pi = peso inicial.

T = tiempo en días

7.4. Crecimiento.

A partir del día 0 se pesaron los organismos y fueron asignados a las distintas unidades experimentales al azar donde encontramos los siguientes pesos: dieta aceite pescado y soya (6.63 ± 0.99 g); dieta aceite pescado y soya + probiótico (6.89 ± 0.70 g); dieta soya (6.98 ± 0.77 g) y dieta soya + probiótico (6.89 ± 0.46 g) sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.603$).

En la quincena 1 se observó que el mayor crecimiento se obtuvo con la dieta aceite pescado y soya con un peso de 12.06 ± 1.60 g, seguido de la dieta soya (12.06 ± 0.95 g); dieta soya + probiótico (11.86 ± 0.63 g) y la dieta aceite pescado y soya + probiótico (10.75 ± 1 g), donde no se registró diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.603$).

En la quincena 2 los organismos alimentados con la dieta soya presentaron el mayor crecimiento (18.43 ± 1.44 g), dieta aceite pescado y soya (18.09 ± 3.24 g), dieta soya + probiótico (18.05 ± 1.71 g) y finalmente la dieta aceite de pescado y soya + probiótico (16.33 ± 2.49 g); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.057$).

En la quincena 3 la dieta aceite pescado y soya presentó el mayor crecimiento (25.73 ± 5.37 g); dieta soya (25.45 ± 1.67 g); dieta soya + probiótico (25.10 ± 2.29 g); finalmente la dieta aceite pescado y soya + probiótico (22.96 ± 3.96 g); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.143$).

En la quincena 4 observamos que la dieta con mayor crecimiento es soya (33.51 ± 3.48 g); dieta soya + probiótico (32.96 ± 2.81 g); dieta aceite pescado y soya + probiótico (32.66 ± 5.88 g); finalmente la dieta aceite pescado y soya (32.62 ± 8.29 g); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.323$).

En la quincena 5 observamos que las dietas adicionadas con probiótico, aceite pescado y soya + probiótico (38.90 ± 6.40 g) y soya + probiótico (38.30 ± 4.96 g) son las dietas con mayor crecimiento, posteriormente las dietas soya (37.87 ± 3.86 g) y aceite pescado y soya (37.05 ± 9.27 g); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.967$).

Finalmente en la quincena 6 observamos que la dieta aceite pescado y soya + probiótico sigue siendo la mayor (50.85 ± 8.69 g); dieta soya + probiótico (47.14 ± 4.61 g); dieta soya (46.14 ± 3.74 g) y la dieta aceite pescado y soya (45.30 ± 13 g), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.964$).

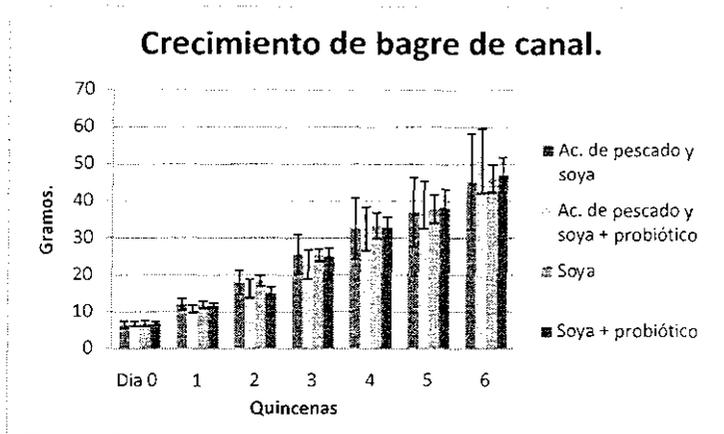


Figura 6: Crecimiento de los organismos en gramos hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar.

En la tabla 2 se muestran los datos de crecimiento de los organismos a través del experimento.

Tabla 2: Tabla resumen de crecimientos de bagre de canal (*I. punctatus*) por quincena hasta 90 días (g + desviaciones estándar).

Crecimiento de los organismos	Ac. de pescado y soya	Ac. de pescado y soya + probiótico	Ac. de soya	Ac. de soya + probiótico
Día 0	6.63 ± 0.99	6.89 ± 0.7	6.98 ± 0.77	6.89 ± 0.46
Quincena 1	12.06 ± 1.6	10.75 ± 1	12.06 ± 0.95	11.86 ± 0.63
Quincena 2	18.09 ± 3.24	16.33 ± 2.49	18.43 ± 1.44	15.05 ± 1.71
Quincena 3	25.73 ± 5.37	22.96 ± 3.96	25.45 ± 1.67	25.1 ± 2.29
Quincena 4	32.62 ± 8.29	32.66 ± 5.88	33.51 ± 3.48	32.95 ± 2.81
Quincena 5	37.05 ± 9.27	38.9 ± 6.4	37.87 ± 3.86	38.3 ± 4.96
Quincena 6	45.3 ± 13	50.85 ± 8.69	46.14 ± 3.74	47.14 ± 4.61

7.4.1. Peso diario ganado (DWG)

De acuerdo con la figura 7 observamos que en la quincena 1 la dieta con mayor peso ganado fue aceite pescado y soya con 0.36 ± 0.04 g/pez/día⁻¹; dieta soya (0.33 ± 0.01 g/pez/día⁻¹); dieta soya + probiótico (0.33 ± 0.06 g/pez/día⁻¹); finalmente la dieta aceite pescado y soya + probiótico (0.25 ± 0.02 g/pez/día⁻¹); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.050$).

En la quincena 2 el mayor crecimiento se presenta en la dieta soya (0.42 ± 0.03 g/pez/día⁻¹); dieta soya + probiótico (0.41 ± 0.08 g/pez/día⁻¹); dieta aceite pescado y soya (0.40 ± 0.11 g/pez/día⁻¹); finalmente la dieta aceite pescado y soya + probiótico (0.37 ± 0.10 g/pez/día⁻¹); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.863$).

En quincena 3 la dieta aceite pescado y soya presentó el mayor crecimiento (0.50 ± 0.14 g/pez/día⁻¹); posteriormente las dietas soya (0.46 ± 0.04 g/pez/día⁻¹) y soya + probiótico (0.46 ± 0.06 g/pez/día⁻¹); finalmente la dieta aceite pescado y soya + probiótico (0.44 ± 0.11 g/pez/día⁻¹); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.865$).

En la quincena 4 el mayor crecimiento se presentó en la dieta aceite pescado y soya + probiótico (0.64 ± 0.13 g/pez/día⁻¹); dieta soya (0.53 ± 0.13 g/pez/día⁻¹); dieta soya + probiótico (0.52 ± 0.10 g/pez/día⁻¹), finalmente la dieta aceite pescado y soya (0.45 ± 0.20 g/pez/día⁻¹); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.490$).

En la quincena 5 nuevamente la dieta aceite pescado y soya + probiótico se encuentra a la cabeza con 0.41 ± 0.04 g/pez/día⁻¹; dieta soya + probiótico (0.35 ± 0.14 g/pez/día⁻¹); dieta aceite pescado y soya (0.29 ± 0.07 g/pez/día⁻¹); finalmente al dieta soya (0.29 ± 0.10 g/pez/día⁻¹); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.398$).

Finalmente en la quincena 6 continuo a la cabeza la dieta aceite pescado y soya + probiótico con 0.79 ± 0.18 g/pez/día⁻¹; dieta soya + probiótico (0.58 ± 0.11 g/pez/día⁻¹); finalmente las dietas soya (0.55 ± 0.05 g/pez/día⁻¹) y aceite pescado y soya (0.54 ± 0.36 g/pez/día⁻¹); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.463$).

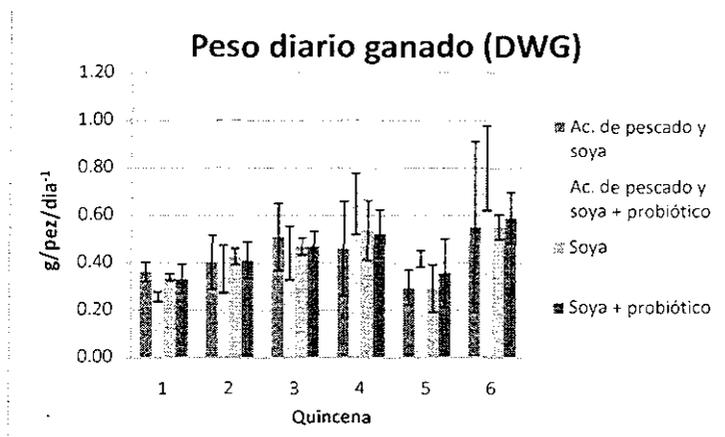


Figura 7: Peso diario ganado (DWG) en gramos de pez al día, hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar, sin existir diferencia estadística entre las unidades experimentales.

En la tabla 3 se muestran los datos de peso diario ganado de los organismos a través del experimento.

Tabla 3: Tabla resumen de peso diario ganado de bagre de canal (*I. punctatus*) por quincena hasta 90 días (g + desviaciones estándar).

Peso diario ganado (DWG)	Ac. de pescado y soya	Ac. de pescado y soya + probiótico	Ac. de soya	Ac. de soya + probiótico
Quincena 1	0.36 ± 0.04	0.25 ± 0.02	0.33 ± 0.01	0.33 ± 0.06
Quincena 2	0.40 ± 0.11	0.37 ± 0.10	0.42 ± 0.03	0.41 ± 0.08
Quincena 3	0.50 ± 0.14	0.44 ± 0.11	0.46 ± 0.04	0.46 ± 0.06
Quincena 4	0.45 ± 0.20	0.64 ± 0.13	0.53 ± 0.13	0.52 ± 0.10
Quincena 5	0.29 ± 0.07	0.41 ± 0.04	0.29 ± 0.10	0.35 ± 0.14
Quincena 6	0.54 ± 0.36	0.79 ± 0.18	0.55 ± 0.05	0.58 ± 0.11

7.4.2. Tasa de crecimiento específico (SGR%).

Con base la figura 8 durante la quincena 1 la dieta aceite pescado y soya encabeza el resto presentando el mayor crecimiento (4.0 ± 0.15 %); dieta soya (3.65 ± 0.22 %); dieta soya + probiótico (3.62 ± 0.66 %) y finalmente la dieta aceite de pescado y soya + probiótico (2.97 ± 0.15 %), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.099$).

En la quincena 2 la dieta con mayor porcentaje fue soya (2.83 ± 0.07 %), dieta soya + probiótico (2.78 ± 0.32 %); dieta aceite de pescado y soya + probiótico (2.75 ± 0.41 %) y finalmente la dieta aceite de pescado y soya (2.67 ± 0.39 %); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.939$).

En la quincena 3 encabeza la dieta aceite de pescado y soya (2.32 ± 0.22 %); dieta aceite de pescado y soya + probiótico (2.26 ± 0.31 %); dieta soya + probiótico (2.20 ± 0.24 %); finalmente la dieta soya (2.16 ± 0.17 %), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.858$).

En la quincena 4 se observa que la dieta aceite pescado y soya + probiótico posee el valor más elevado de crecimiento con un 2.35 ± 0.08 % diario, dieta soya (1.82 ± 0.30 %), dieta soya + probiótico (1.82 ± 0.34 %) y finalmente la dieta aceite de pescado y soya (1.53 ± 0.35 %); existiendo diferencia estadísticas significativas entra las dietas aceite de pescado y soya + probiótico y aceite de pescado y soya ($p = 0.046$) mediante una prueba SNK.

Durante la quincena 5 las dietas adicionadas con probiótico están a la cabeza donde nuevamente observamos la dieta aceite pescado y soya + probiótico (1.18 ± 0.10 %) con el mayor crecimiento y la dieta soya + probiótico (0.98 ± 0.32 %), posteriormente la dietas aceite pescado y soya ($0.85 \pm$

0.09 %) y soya (0.82 ± 0.26 %), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.241$).

Finalmente en la quincena 6 observamos la dieta aceite pescado y soya + probiótico con el mayor porcentaje de crecimiento con 1.78 ± 0.23 %; dieta soya + probiótico (1.40 ± 0.35 %); dieta aceite de pescado y soya (1.31 ± 0.63 %); dieta soya (1.33 ± 0.35 %), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.453$).

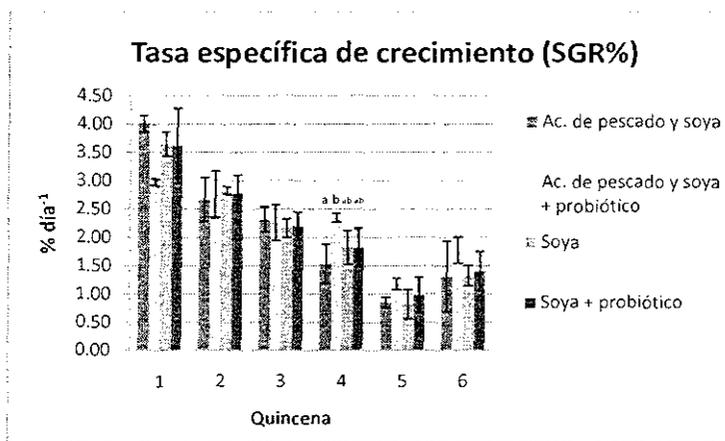


Figura 8: Tasa específica de crecimiento (SGR%) al día durante 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar. Se observa diferencia estadística entre las unidades experimentales en la quincena 4 (columnas con la misma letra no son diferentes estadísticamente).

En la tabla 4 se muestran los datos de la tasa específica de crecimiento de los organismos a través del experimento

Tabla 4: Tabla resumen de tasa específica de crecimiento (SGR%) de bagre de canal (*I. punctatus*) por quincena hasta 90 días (%g + desviaciones estándar).

Tasa específica de crecimiento (SGR%)	Ac. de pescado y soya	Ac. de pescado y soya + probiótico	Ac. de soya	Ac. de soya + probiótico
Quincena 1	4.00 ± 0.15	2.96 ± 0.06	3.65 ± 0.22	3.62 ± 0.66
Quincena 2	2.66 ± 0.39	2.75 ± 0.41	2.82 ± 0.07	2.78 ± 0.32
Quincena 3	2.31 ± 0.22	2.25 ± 0.31	2.15 ± 0.17	2.19 ± 0.24
Quincena 4	1.53 ± 0.35	2.34 ± 0.08	1.81 ± 0.30	1.81 ± 0.34
Quincena 5	0.85 ± 0.09	1.17 ± 0.10	0.81 ± 0.26	0.97 ± 0.32
Quincena 6	1.31 ± 0.63	1.77 ± 0.23	1.32 ± 0.18	1.40 ± 0.35

7.4.3. Tasa instantánea de Crecimiento (TIC).

Observamos en la figura 9 que durante la quincena 1 se aprecia un crecimiento superior en la dieta aceite pescado y soya con 0.82 ± 0.04 g/día/pez.; dieta soya (0.73 ± 0.06 g/día/pez.); dieta soya + probiótico (0.72 ± 0.17 g/día/pez.) y por último la dieta aceite pescado y soya + probiótico (0.56 ± 0.01 g/día/pez; sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.099$).

En la quincena 2 el mayor crecimiento se presentó en la dieta soya con 0.52 ± 0.02 g/día/pez., las dietas adicionadas con probiótico aceite pescado y soya + probiótico (0.51 ± 0.09 g/día/pez) y la dieta soya + probiótico (0.51 ± 0.07 g/día/pez.), finalmente la dieta aceite pescado y soya (0.49 ± 0.09 g/día/pez), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.945$).

En la quincena 3 el mayor crecimiento lo presentó la dieta aceite pescado y soya con 0.41 ± 0.05 g/día/pez; dieta aceite pescado y soya + probiótico (0.40 ± 0.07 g/día/pez); dieta soya + probiótico (0.39 ± 0.05 g/día/pez); finalmente la dieta soya (0.38 ± 0.03 g/día/pez), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.853$).

En la quincena 4 observamos que la dieta aceite pescado y soya + probiótico posee el crecimiento más alto con 0.42 ± 0.02 g/día/pez; dieta soya (0.31 ± 0.06 g/día/pez); dieta soya + probiótico (0.31 ± 0.07 g/día/pez); dieta aceite pescado y soya con 0.25 ± 0.07 g/día/pez, existiendo diferencia estadística significativas entre las dietas aceite de pescado y soya + probiótico y aceite de pescado y soya ($p = 0.041$) mediante una prueba SNK.

Para la quincena 5 observamos nuevamente la dieta aceite pescado y soya + probiótico con 0.19 ± 0.02 g/día/pez; dieta soya + probiótico (0.15 ± 0.05 g/día/pez); dieta aceite pescado y soya (0.13 ± 0.01 g/día/pez); dieta soya (0.13 ± 0.04 g/día/pez), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.230$).

Finalmente en la quincena 6 observamos la dieta aceite pescado y soya + probiótico con 0.30 ± 0.05 g/día/pez; dieta soya + probiótico con 0.23 ± 0.07 g/día/pez y las dietas aceite pescado y soya (0.22 ± 0.11 g/día/pez) y soya (0.22 ± 0.03 g/día/pez) sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.438$).

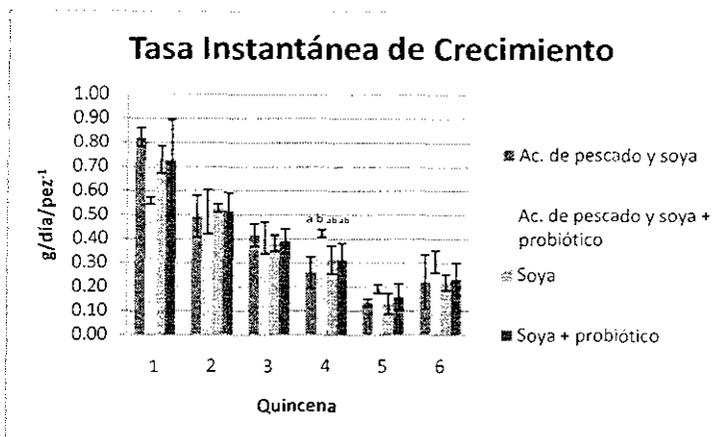


Figura 9: Tasa instantánea de crecimiento (TIC) representada en gramos de pez al día hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar, con diferencia estadística entre las unidades experimentales en la quincena 4 (columnas con la misma letra no son diferentes estadísticamente).

En la tabla 5 se muestran los datos de la tasa instantánea de crecimiento de los organismos a través del experimento.

Tabla 5: Tabla resumen de tasa instantánea de crecimiento (TIC) de bagre de canal (*I. punctatus*) por quincena hasta 90 días (g ± desviaciones estándar).

Tasa instantánea de crecimiento (TIC)	Ac. de pescado y soya	Ac. de pescado y soya + probiótico	Ac. de soya	Ac. de soya + probiótico
Quincena 1	0.82 ± 0.04	0.56 ± 0.01	0.73 ± 0.06	0.72 ± 0.17
Quincena 2	0.49 ± 0.09	0.51 ± 0.09	0.52 ± 0.02	0.51 ± 0.07
Quincena 3	0.41 ± 0.05	0.40 ± 0.07	0.38 ± 0.03	0.39 ± 0.05
Quincena 4	0.25 ± 0.07	0.42 ± 0.02	0.31 ± 0.06	0.31 ± 0.07
Quincena 5	0.13 ± 0.01	0.19 ± 0.02	0.13 ± 0.04	0.15 ± 0.05
Quincena 6	0.22 ± 0.11	0.30 ± 0.05	0.22 ± 0.03	0.23 ± 0.07

7.5. Tabla resumen de crecimientos al final del experimento.

En la tabla 6 se muestra un resumen con los parámetros de crecimiento.

Tabla 6: Crecimientos en bagre de canal (*I. punctatus*) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).

Parámetros	Ac. de pescado y soya	Ac. de pescado y soya + probiótico	Ac. de soya	Ac. de soya + probiótico
Peso inicial (gramos)	6.63 ± 0.99	6.89 ± 0.70	6.98 ± 0.77	6.89 ± 0.46
Peso Final (gramos)	45.29 ± 12.99	50.85 ± 8.69	46.14 ± 3.74	47.14 ± 4.61
WG (% g/pez ⁻¹)	583.11	638.03	561.03	584.18
DWG (g/pez/día ⁻¹)	0.54 ± 0.36	0.79 ± 0.18	0.55 ± 0.05	0.58 ± 0.11
SGR% (% día ⁻¹)	1.31 ± 0.63	1.78 ± 0.23	1.33 ± 0.35	1.40 ± 0.35
TIC (g/día/pez ⁻¹)	0.22 ± 0.11	0.31 ± 0.05	0.22 ± 0.03	0.24 ± 0.07

7.6. Proteínas.

Con base en la figura 10 observamos que en la quincena 1 los porcentajes de proteína (porcentaje de peso seco) presentan el siguiente comportamiento: los valores más altos los obtenemos en los organismos alimentados con la dieta soya + probiótico con 51.58 ± 8.90 % (Todos los resultados se presentan con base al peso seco); dieta aceite pescado y soya (51.36 ± 7.81 %), dieta aceite pescado y soya + probiótico (46.25 ± 10.76 %) y finalmente la dieta soya con el 38.80 ± 7.11 %, existiendo diferencias estadísticas significativas entre las medias de las unidades experimentales ($p = 0.013$), de acuerdo con la prueba estadística SNK (Student Newman Keuls), el tratamiento aceite pescado y soya es distinto al tratamiento soya y de igual manera el tratamiento soya + probiótico muestra diferencia con respecto al tratamiento soya.

En la quincena 2 observamos que la dieta aceite pescado y soya + probiótico tiene el mayor porcentaje de proteínas con 63.94 ± 10.06 ; dieta aceite pescado y soya (59.68 ± 3.89 %); dieta soya (58.37 ± 12.05 %); dieta soya + probiótico (54.64 ± 5.68 %); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.168$).

En la quincena 3 el mayor porcentaje de proteínas se presentó en la dieta aceite pescado y soya + probiótico con 66.29 ± 7.95 %; dieta soya + probiótico (58.30 ± 6.11 %); dieta soya (58.16 ± 8.33 %); dieta aceite pescado y soya (56.36 ± 6.31 %); si se registró diferencia estadística significativa entre las medias de las distintas unidades experimentales ($p = 0.030$), de acuerdo con el método de SNK hay diferencia entre las medias del tratamiento aceite pescado y soya + probiótico con respecto al tratamiento aceite de pescado y soya.

En la quincena 4 el mayor porcentaje de proteínas se encontró en la dieta soya + probiótico con 64.28 ± 11.16 ; dieta aceite pescado y soya + probiótico (56.74 ± 6.26 %); dieta soya (53.81 ± 11.59

); dieta aceite pescado y soya (46.07 ± 16.83 %) sin encontrarse diferencias estadísticas significativas entre las medias de las distintas unidades experimentales ($p = 0.093$).

En la quincena 5 porcentaje de proteínas más alto fue observado en la dieta soya (69.04 ± 8.19 %); seguido de la dietas soya + probiótico (59.47 ± 8.36 %) y aceite pescado y soya + probiótico (58.50 ± 9.06 %), finalmente la dieta aceite pescado y soya con 52.04 ± 10.29 %, si existió diferencia estadística significativa entre las medias de las distintas unidades experimentales ($p = 0.004$), de acuerdo al método de SNK la dieta soya presenta valores distintos al resto de las dietas.

Finalmente para la quincena 6 observamos el mayor porcentaje de proteínas en la dieta soya + probiótico con 71.37 ± 13.43 %, dieta soya (67.65 ± 16.95 %), dieta aceite pescado y soya + probiótico (64.92 ± 5.72 %), finalmente la dieta aceite pescado y soya con 55.90 ± 6.86 %, si existió diferencia estadística significativa entre las medias de las distintas unidades experimentales ($p = 0.045$), de acuerdo con el método de SNK las dieta soya + probiótico, aceite pescado y soya + probiótico y soya son distintas a la dieta aceite de pescado y soya.

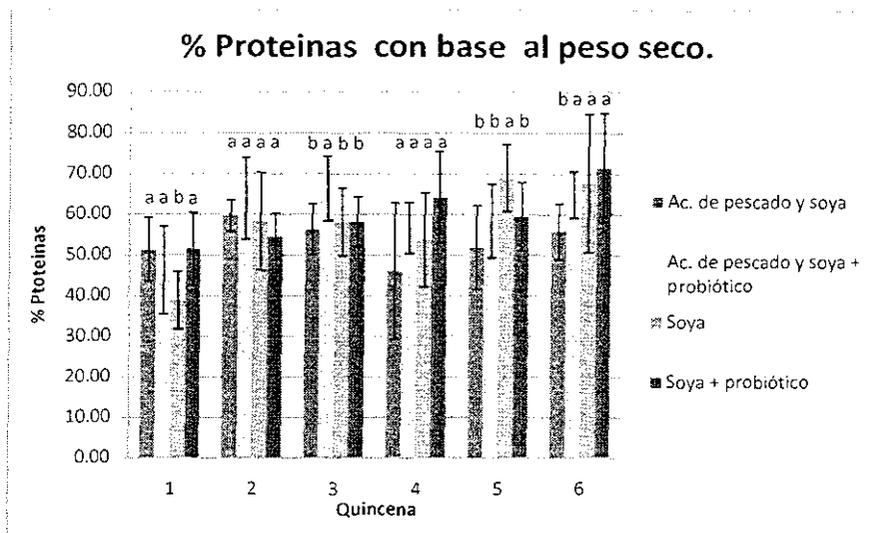


Figura 10: Porcentaje de proteínas con base al peso seco del en músculo de bagre de canal hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar, columnas con la misma letra no son diferentes estadísticamente.

En la tabla 7 observamos un resumen de los resultados obtenidos en los análisis de proteínas durante el periodo experimental.

Tabla 7: Porcentaje de proteínas con base al peso seco en músculo de bagre de canal (*I. punctatus*) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).

% Proteínas con base al peso seco	Ac. de pescado y soya	Ac. de pescado y soya + probiótico	Ac. de soya	Ac. de soya + probiótico
Quincena 1	51.36 ± 7.81	46.25 ± 10.76	38.80 ± 7.11	51.58 ± 8.90
Quincena 2	59.68 ± 3.89	63.94 ± 10.06	58.37 ± 12.05	54.64 ± 5.68
Quincena 3	56.36 ± 6.31	66.29 ± 7.95	58.16 ± 8.33	58.30 ± 6.11
Quincena 4	46.07 ± 16.83	56.74 ± 6.26	53.81 ± 11.59	64.28 ± 11.16
Quincena 5	52.04 ± 10.29	58.50 ± 9.06	69.04 ± 8.19	59.47 ± 8.36
Quincena 6	55.90 ± 6.86	64.92 ± 5.72	67.65 ± 16.95	71.37 ± 13.43

7.7. Lípidos.

En la figura 11 observamos el porcentaje de lípidos en base al peso seco; durante la primer quincena la dieta con mayor porcentaje de lípidos fue aceite pescado y soya + probiótico con $22.3 \pm 3.01 \%$, en seguida las dietas soya + probiótico ($21.66 \pm 6.75 \%$) y aceite pescado y soya ($19.75 \pm 3.81 \%$), finalmente la dieta soya ($13.08 \pm 1.01 \%$); sin registrarse diferencias estadísticas significativas entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.094$).

En la quincena 2 observamos porcentajes más homogéneos que en la quincena anterior en donde la dieta aceite pescado y soya + probiótico posee el mayor porcentaje con $18.14 \pm 8.75 \%$; dieta aceite pescado y soya ($16.61 \pm 4.01 \%$); dieta soya + probiótico ($15.93 \pm 2.81 \%$); dieta soya ($15.27 \pm 1.63 \%$); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.910$).

En la quincena 3 observamos que la dieta aceite pescado y soya presenta el mayor porcentaje de lípidos con $23.34 \pm 12.25 \%$; dieta soya + probiótico ($18.45 \pm 4.03 \%$); dieta soya ($12.90 \pm 3.09 \%$); dieta aceite pescado y soya + probiótico con $10.92 \pm 2.24 \%$; sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.174$).

En la quincena 4 observamos datos muy similares en las dietas aceite de pescado y soya ($24.67 \pm 4.56 \%$) y soya ($24.82 \pm 6.84 \%$), posteriormente las dietas adicionadas aceite pescado y soya + probiótico ($18.56 \pm 4.46 \%$) y soya + probiótico ($14.09 \pm 0.73 \%$); sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.063$).

En la quincena 5 el mayor porcentaje de lípidos se observó en la dieta aceite de pescado y soya con $23.71 \pm 8.78 \%$, dieta aceite de pescado y soya + probiótico ($22.63 \pm 12.78 \%$); dieta soya + probiótico ($14.61 \pm 2.84 \%$), dieta soya ($11.39 \pm 1.02 \%$), sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.234$).

En la quincena 6 observamos la dieta aceite pescado y soya + probiótico con el mayor porcentaje de lípidos (25.72 ± 12.08 %); dieta soya (24.35 ± 8.21 %), dieta soya + probiótico (17.37 ± 6.02 %); dieta aceite de pescado y soya (17.08 ± 4.63 %) sin registrarse diferencia estadística significativa entre las distintas unidades experimentales ($p = 0.476$).

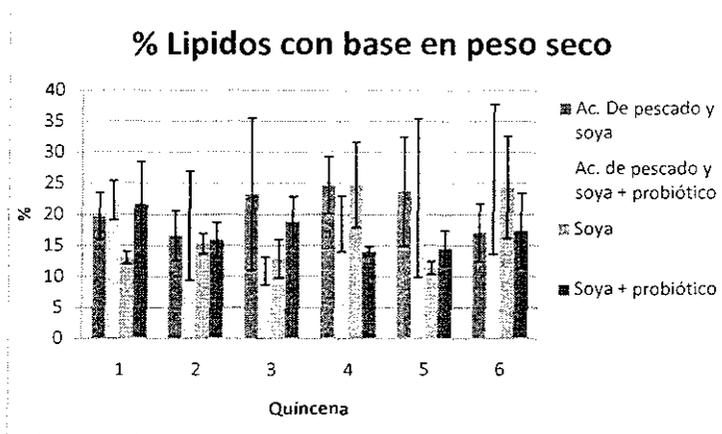


Figura 11: Porcentaje de lípidos con base al peso seco en músculo de bagre de canal hasta los 90 días entre las distintas unidades experimentales con desviación estándar, sin existir diferencia estadística entre las unidades experimentales.

En la tabla 8 observamos un resumen de el porcentaje de lípidos con base al peso seco durante el periodo experimental.

Tabla 8: Porcentaje de lípidos con base al peso seco en músculo de bagre de canal (*I. punctatus*) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).

% Lípidos con base al peso seco	Ac. De pescado y soya	Ac. de pescado y soya + probiótico	Ac. de soya	Ac. de soya + probiótico
Quincena 1	19.75 ± 3.80	22.30 ± 3.11	13.07 ± 1	21.66 ± 6.74
Quincena 2	16.60 ± 4.01	18.14 ± 8.74	15.27 ± 1.63	15.93 ± 2.80
Quincena 3	23.33 ± 12.25	10.91 ± 2.24	12.89 ± 3.09	18.84 ± 4.02
Quincena 4	24.67 ± 4.56	18.56 ± 4.45	24.81 ± 6.83	14.08 ± 0.72
Quincena 5	23.71 ± 8.78	22.63 ± 12.78	11.39 ± 1.02	14.61 ± 2.83
Quincena 6	17.07 ± 4.62	25.72 ± 12.07	24.35 ± 8.20	17.37 ± 6.01

7.8. Composición bioquímica general de bagre de canal (*I. punctatus*).

En la tabla 9 se muestra el resumen de la composición bioquímica de tejido muscular del bagre de canal.

Tabla 9: composición bioquímica general de bagre de canal (*I. punctatus*) después de 90 días de experimento (g + desviaciones estándar).

Parámetros / grupo	Aceite de pescado y soya	aceite de pescado y soya + probiótico	Soya	Soya + probiótico
% Humedad	75.91 ± 3.62	80.47 ± 1.33	79.33 ± 1.08	81.50 ± 2.27
% Cenizas	1.10 ± 0.17	1.14 ± 0.01	1.17 ± 0.13	0.93 ± 0.13
% Proteínas (Con base al peso seco)	55.90 ± 6.86	64.92 ± 5.72	67.65 ± 16.95	71.37 ± 13.43
% Lípidos (Con base al peso seco)	17.07 ± 4.62	25.72 ± 12.07	24.35 ± 8.20	17.37 ± 6.01

VIII. Discusión.

8.1. Condiciones de cultivo y alimentación.

Los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron en niveles óptimos durante todo el periodo experimental propiciando las condiciones para el cultivo de bagre de canal, exceptuando una variación de la temperatura durante la quincena 5 (día 75 aproximadamente) debido a que uno de los dos calentadores de titanio dejó de funcionar, la temperatura descendió a 26 °C más no se comprometió el estado óptimo del sistema de recirculación y la temperatura se encontraba aún dentro del rango óptimo para el cultivo de esta especie. No observamos ninguna afectación a los peces de cultivo así como Suja y colaboradores (2011) observaron un crecimiento significativamente alto en bagre de canal (*I. punctatus*) cultivado a 27 °C en un sistema de recirculación, de esta forma corroboramos que el crecimiento del bagre de canal no se vió afectado en este experimento por la temperatura.

En el presente estudio la utilización de un sistema de recirculación permitió mantener el bienestar de los organismos y cero mortandad en todo el sistema; la utilización de dietas ricas en aceite de origen animal no alteró los parámetros fisicoquímicos del agua. Así mismo, la sustitución del aceite de pescado por aceite vegetal en las dietas de las unidades experimentales muestra que no existió diferencia significativa en cuanto a crecimiento, de manera que el uso de dietas alternativas enriquecidas con aceite de pescado y soya es buena alternativa para la industria de la acuicultura ya que no afectan negativamente el rendimiento de crecimiento; sin embargo, el aceite de origen vegetal es mucho más económico que el aceite de origen animal. Estos resultados coinciden con los de Izquierdo y colaboradores (2005), quienes observaron que el uso de aceites vegetales sustituidos hasta un 60% del aceite de pescado en dietas comerciales no afecta el crecimiento en juveniles de dorada europea (*Sparus aurata* L.) incluso después de un

largo periodo de alimentación; así también Fountoulaki y colaboradores (2009) encontraron que no existe diferencia significativa en crecimiento de dorada europea (*Sparus aurata* L.) utilizando dietas comerciales adicionadas con aceite de pescado y aceite de soya, y sugieren que es posible sustituir hasta un 69% del aceite de pescado con aceite de soya sin afectar el crecimiento de esta especie, además los peces no presentaron anomalías intestinales.

El uso de las dietas enriquecidas con aceite mantiene el buen estado de los organismos y la economía del productor se ve favorecida con dietas que utilizan aceites vegetales mezclados con harinas y aceites de pescado, sin embargo, se busca obtener un mayor crecimiento y potenciar el efecto de los alimentos utilizando aditivos, como los probióticos, en los piensos.

8.2. El uso de probióticos para el crecimiento.

La investigación acerca de los probióticos y su efecto en animales acuáticos se ha visto incrementada con la demanda de un ambiente amigable dentro de la acuicultura (Gatesoupe, 1999). La atención en el uso de los probióticos en la acuicultura esta en parte estimulada por la aparición de bacterias resistentes a antibióticos relacionada con la aplicación de altas dosis de estos que dejan un residuo en los peces cultivados para consumo humano (Irianto y Austin, 2002). Como ya se mencionó los probióticos son conocidos como una microbiota de células vivas que promueven la salud del hospedero mediante la mejora del balance de la flora intestinal (Fuller, 1987). Recientemente se ha descrito además que los probióticos adicionados a las dietas comerciales pueden ayudar a un mejoramiento en el crecimiento de los organismos (Austin y Brunt, 2009; Conway, 1996; Fuller, 1987; Gatesoupe, 1999; Kolndadacha y colaboradores, 2011; Ringø y Gatesoupe, 1998). Los probióticos pueden estimular el apetito y mejorar la nutrición mediante la producción de vitaminas, destoxicación de compuestos en la dieta y provocar el rompimiento de componentes indigeribles (Irianto y Austin, 2002).

En el presente estudio destacamos que la adición de probiótico a la dieta comercial aceite de pescado y soya + probiótico puede modificar positivamente el crecimiento del bagre del canal, así como también del periodo de suplementación del probiótico, pero que este efecto es muy dependiente del desarrollo del pez.

8.3. Crecimiento.

Por lo que respecta al crecimiento del bagre de canal (*I. punctatus*) en el presente estudio de 90 días, no se observaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre las distintas dietas suplementadas con el probiótico comercial (Bacterol-Shrimp Forte), es importante señalar que hubo una tendencia a un mejor crecimiento en porcentaje de peces alimentados con las dietas a las que se le añadió el probiótico (dicho aumento puede verse reflejado en la economía de los acuicultores pues una ganancia del 5% significa un aumento de rendimiento). Al contrastar nuestros resultados con los de Aguirre y colaboradores (2010) ellos observan ligeras mejorías ($p \leq 0.05$) en crecimiento sobrevivencia y tasa de conversión alimenticia en las dietas adicionadas con probiótico (EcoDigest[®]) por 42 días en bagre de canal (*I. punctatus*). De igual manera, Abdelhamid y colaboradores (2009) utilizando un probiótico comercial (T Protphyt 2000) en un estudio de 120 días para bagre africano (*Clarias garipinus*, Burchell 1822) con una proporción de probiótico similar a este experimento (1 g / Kg. de alimento) reportan un mejor crecimiento y parámetros de eficiencia alimenticia ($p \leq 0.05$). Ehab R. El-Haroun (2007) mediante la utilización del probiótico (Biogen[®]) en la misma especie de bagre africano reporta una mejora en la ganancia de peso, tasa específica de crecimiento y retención de energía significativamente alta ($p \leq 0.05$) en dietas de peces que contienen el 0.5% de probiótico en un periodo de 120 días. De igual manera Al-Dohail y colaboradores (2009) reportaron que el bagre africano (*Clarias garipinus*, Burchell 1822) presentaba mejoras significativas ($p \leq 0.05$) en el rendimiento de crecimiento, tasa relativa de crecimiento y conversión alimenticia en las dietas suplementadas con *Lactobacillus acidophilus*

como probiótico. Sin embargo, nuestro trabajo concuerda con Suja y colaboradores (2011), quienes mencionan que las tasas de crecimiento de los diferentes tamaños de bagre de canal son difíciles de comparar entre estudios debido a las diferencias en pesos iniciales, composición de la dieta, duración del estudio y condiciones que incluyen el control sobre todos los factores ambientales como la temperatura y al hecho de que en cada estudio se utiliza un probiótico diferente. Existen muchos estudios realizados con bagre de canal de varios tamaños en pozas durante 1-3 años donde los pesos intermedios no son reportados, agregando que los crecimientos del bagre de canal son muy variables debido a factores ambientales lo cual causa una fluctuación en el crecimiento del pez. Por lo tanto, estos crecimientos en pozas no son directamente comparables con nuestros resultados de peces que son criados bajo condiciones uniformes.

8.4. Tasa instantánea de crecimiento (TIC).

Los peces están continuamente expuestos a un amplio rango de microorganismos presentes en su ambiente (Gatesoupe, 1999), cuando el suministro de algún nutriente es limitado en el ecosistema gastrointestinal la composición de la microbiota se ve afectada por la competencia por este factor (Ringø y Gatesoupe, 1998) y por lo tanto, la captación de nutrientes por parte de los organismos se verá disminuida. Así, la tasa de crecimiento podría estar relacionada con el balance y crecimiento de bacterias benéficas en la flora intestinal del organismo como es reportado por Fuller R. (1987). De acuerdo con Conway (1996) un microbio es capaz de colonizar el tracto gastrointestinal de un pez cuando este persiste durante un periodo de tiempo largo generalmente a partir de 4-7 días o incluso semanas dependiendo de la habilidad del microbio y su interacción con la mucosa intestinal debido a una tasa de multiplicación más alta que la de expulsión. Vine y colaboradores (2004b) sugieren que las bacterias solo pueden producir metabolitos durante la fase estacionaria de crecimiento y esta fase puede que no ocurra de manera muy rápida en los intestinos de los peces debido al constante lavado. En el presente estudio se observó que al comparar el grupo alimentado con aceite de pescado y soya + probiótico versus el grupo aceite de pescado y soya, la tasa instantánea de crecimiento era dependiente del tiempo y de la suplementación con probiótico (Bacterol-shrimp- forte). Durante los tres primeros muestreos (mes y medio de suplementación con probiotico) se observó que con la dieta aceite de pescado y soya + probiótico, el crecimiento de los organismos (Figura 6), el peso diario ganado (Figura 7) y la tasa de crecimiento específico (Figura 8) eran ligeramente más bajos que en el dieta aceite de pescado y soya y el resto de las dietas. Sin embargo, al final del periodo experimental (3 meses de alimentación con el probiótico) los peces alimentados con esta dieta no presentaron diferencia significativa en su crecimiento en comparación con el resto de las dietas.

A partir de la quincena 4 se observa que el grupo de la dieta aceite de pescado y soya + probiótico tiende a presentar una tasa instantánea de crecimiento más elevada que el grupo de la dieta aceite de pescado y soya (y los demás grupos) aun si esta diferencia no alcanza a ser una diferencia significativa ($p \geq 0.05$). Esta tendencia está acorde con los datos reportados por Aguirre-Guzmán y colaboradores (2010) en bagre de canal (*I. punctatus*) hasta el día 42; Abdelhamid y colaboradores (2009) y Ehab R. El-Haroun (2007) alimentaron el bagre africano (*Clarias garipinus*, Burchell 1822) durante 120 días y demostraron un incremento significativo en crecimiento. Como se mencionó, el periodo de evaluación en el presente estudio fue establecido a solamente 90 días, por lo tanto, cabe la posibilidad de que el periodo de asentamiento del probiótico sobre el mucus intestinal y sus efectos benéficos solamente empezaba a afectar positivamente la tasa de crecimiento. Un caso muy similar a este fue descrito por Varela y colaboradores (2010) quienes suministraron el probiótico Pdp11 a las dietas de *Sparus auratus* juveniles alimentados durante 116 días. Estos autores no observaron diferencias estadísticas en la ganancia de peso y la tasa específica de crecimiento; sin embargo, reportaron que los grupos experimentales suplementados con el probiótico comenzaban a presentar un mejor crecimiento respecto al grupo control a partir del día 64. Estas observaciones junto con nuestros datos pueden indicar que el efecto del probiótico se da a largo plazo (después de 60 días). Se sugiere que los estudios cortos (*o in vitro*) no resaltan la habilidad de los probióticos para inhibir patógenos y competir por sitios de adhesión al mucus de la pared intestinal para compensar las evacuaciones del mucus durante la evacuación del intestino.

8.5. Tasa específica de crecimiento (SGR%) y peso diario ganado (DWG).

Unas de las variables más importantes en acuicultura y otros sistemas de producción animal son SGR% y DWG. El peso diario ganado (DWG) es la tasa de crecimiento que se supone es lineal a lo largo del periodo de investigación y es más o menos verdadera en la etapa de engorda únicamente, por otra parte la tasa específica de crecimiento (SGR%) permite magnificar el crecimiento en función de porcentajes, se utiliza en estadios jóvenes cuando muchos organismos crecen exponencialmente (Bhujel, 2008).

Nuestro experimento, en la quincena 4 (60 días de suplementación con el probiótico), la tasa específica de crecimiento (2.35 %/día) en la dieta aceite de pescado y soya + probiótico es significativamente diferente ($P = 0.046$) de las demás lo que indica un efecto positivo del uso de probiótico sobre el crecimiento del bagre. Ehab R. El-Haroun (2007) reporta una mejora significativa ($p \leq 0.05$) de la tasa específica de crecimiento (1.50 %/día) en bagre africano (*Clarias gariepinus*) alimentado con el probiótico Biogen® en comparación con un valor de 0.5% a los 120 días. Essa M. A. y colaboradores (2011) encontraron una mejora de la tasa específica de crecimiento utilizando como probiótico la levadura *Saccharomyces cerevisiae* al 2.0% en la misma especie de bagre africano. De la misma manera, Sayeda y colaboradores (2011) utilizando *Azotobacter* y *Azospirillum* como probiótico reportó una mejora de la tasa específica de crecimiento en tilapia (*Oreochromis niloticus*). En contraste Abdelhamid y colaboradores (2009) no encontraron diferencia significativa en el %SGR de bagre africano suplementado con el probiótico (T-Protphyt 2000) durante 120 días, así mismo, Varela y colaboradores (2010) reportaron un efecto nulo de la adición del probiótico Pdp11 sobre la tasa específica de crecimiento en dorada (*Sparus auratus*) Suxu He y colaboradores (2009) reportan que el probiótico comercial DVAQUA® no favoreció el crecimiento de híbridos de la tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*).

8.6. Proteínas.

Las proteínas son compuestos orgánicos formados por aminoácidos y que comprenden cerca de un 70% de peso seco en tejido muscular de pez. Las proteínas se encuentran en un estado dinámico en el organismo continuamente se están sintetizando y degradando, una fuente dietética es necesaria durante toda la vida para proporcionar los aminoácido y el nitrógeno no específico para el mantenimiento y crecimiento del pez (Robinson y Li, 2003). Las proteínas en este experimento se comportaron de manera similar a la bibliografía reportada por otros autores (Robinson y Li, 2007; Sink y Lochmann, 2011) que reportan valores en peso húmedo entre 12 y 15 % que se corresponden a los resultados obtenidos en nuestro experimento en el que observamos porcentajes que van de 12.62 a 13.93 % al final del periodo experimental.

Abdelhamid y colaboradores (2009) obtuvieron una mejora de crecimiento en bagre africano a los 120 días utilizando probiótico (T-protphit-2000) con una dieta que contenía la misma cantidad de probiótico que la utilizada en este experimento (1 g/kg de alimento) reportan un mayor contenido proteico en la carne del pez alimentado con este probiótico. En estudios realizados en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), Abdelhamid y colaboradores (2004) encontraron que los probióticos (Betafin® y Biopolym®) no solo permiten el incrementó del peso ganado, tasas de crecimiento y producción total si no también una mejora en el porcentaje de proteínas en músculo y el radio de los paquetes musculares. Ehab R. El-Haroun (2007) observó que en bagre africano (*Clarias gariepinus*) alimentados con dietas suplementadas con el probiótico Biogen® al 0.5% durante 120 días el contenido de proteínas en carne fue significativamente más elevado ($p \leq 0.05$) comparado con el resto de las dietas. Abdelhamid y colaboradores (2009) reportan porcentajes de proteína del 17.93 al 18.86 %, valores mas altos comparados con los resultados encontrados en el presente estudio, que van de 12.62 a 13.93 %. Esto se puede deber a que el experimento de Abdelhamid y colaboradores (2009) se realizó en hapas (cajas) y con animales de peso inicial de 90 g alimentados

con dietas al 25% de proteína cruda y nuestro experimento comenzó con organismos de 6g de peso promedio y con una dieta relativamente baja en proteínas (32%) lo que se ve reflejado en los porcentajes de los individuos experimentales. Esto es debido a la cantidad de proteína presente en tejido muscular varía de acuerdo al tamaño del pez, temperatura de agua, disposición de alimento, entre otros (Robinson y Li, 2007; Garling y Wilson, 1976); nuestros resultados son menores ya que en esta etapa de crecimiento la demanda de proteínas disponibles es mayor que en etapas más adultas.

En este estudio se encontraron diferencias significativas a lo largo del periodo experimental durante las quincenas 1, 3, 5 y 6 (Figura 10) las dietas aceite de pescado y soya + probiótico, aceite de soya y aceite de soya + probiótico presentan mayor porcentaje de proteínas que la dieta aceite de pescado y soya a partir de la quincena 3 y hasta el final del periodo experimental. Los datos del porcentaje de proteínas con base al peso seco en bagre de canal permiten destacar que las dietas adicionadas con aceites de origen vegetal y probiótico presentan una mayor cantidad de proteínas en su carne (entre 64.9 y 71.3 %).

El uso del probiótico puede ser un suplemento que no solo controla enfermedades y ayuda al crecimiento del organismo, como generalmente se le atribuye, sino también un buen estimulante para la acumulación de proteínas en la carne junto con las dietas ricas en aceites de origen vegetal. El análisis estadístico de los datos indica que la suplementación de las dietas con probióticos mejora la cantidad de proteína presente en músculo esto puede deberse principalmente a que existe una mayor eficiencia en la captación proteica gracias a una mejor digestión, absorción y asimilación de nutrientes (Ehab, 2007).

8.7. Lípidos.

Incluso las proyecciones más optimistas prevén que en algunos años la producción global de aceite de pescado (1.2-1.4 millones de toneladas por año) no será suficiente para cubrir la demanda por alimentos para animales de granja, mientras que la producción de aceites vegetales aumenta constantemente y los precios se mantienen estables por lo que existe un interés considerable en la sustitución de aceite de pescado por aceites vegetales en dietas para peces (Hardy y colaboradores 2001).

Algunos aceites vegetales como los de soya y linaza son considerados como buena alternativa de fuente lipídica en alimentos para salmónidos y peces de agua dulce (Bell y colaboradores 2001; Rosenlund y colaboradores 2001). La inclusión de aceites vegetales en dietas para peces modifica los perfiles de ácidos grasos así mismo afecta significativamente la calidad de la carne del pez y características sensoriales del mismo (Izquierdo y colaboradores, 2003).

Suja y colaboradores (2011) mencionan que la temperatura juega un papel muy importante en la alteración de la composición del tejido de bagre de canal, sin embargo, el tamaño del pez también es otro factor que influye en dicha composición, así pues los resultados obtenidos al final de los periodos experimentales deben ser considerados para su contraste con otros experimentos dada la alta variabilidad en que estos se realizan (tipos de tanques, modo de nutrición, tamaño y épocas de muestreo). Los resultados del porcentaje de lípidos totales obtenidos en este experimento concuerdan con los resultados obtenidos de Robinson y Li (2007) quienes reportan un porcentaje lipídico para bagre de canal (*I. punctatus*) entre 4.7 y 5.4% en dietas con PC del 32% y nuestros resultados varían entre los 4.4 y 5.1% al final del periodo experimental, así también Abdelhamid y colaboradores (2009) trabajando con bagre africano, reportan porcentajes lipídicos entre los 4.66

y 5.60 % de dietas con 25% PC suministradas con probiótico (T-Protophyt-2000), concordando con nuestros porcentajes lipídicos encontrados la final del periodo experimental (4.4 y 5.1%).

Izquierdo y colaboradores (2005) encontraron que la sustitución de aceites vegetales en 60% de aceite de pescado en dietas para dorada europea (*Sparus aurata*) no afecta el crecimiento y conversión alimenticia incluso después de un largo periodo de tiempo (90 días). Así también Fountoulaki y colaboradores (2009) encontraron que no existe diferencia en crecimiento y conversión alimenticia sustituyendo aceite de pescado por aceite de soya (69% substituido) en dorada europea (*Sparus aurata*) a los 120 días. Por lo tanto el uso de dietas adicionadas con aceites vegetales son una buena alternativa para la formulación de piensos utilizados en acuicultura, sin embargo no es recomendable la sustitución de estos aceites vegetales en su totalidad. Izquierdo y colaboradores (2005) encontraron que la sustitución del 80% del aceite de pescado por aceite vegetal reduce significativamente el crecimiento del organismo. Estos autores reportaron que alimentar con aceites vegetales reduce los contenidos de ácido docosahexaenoico (DHA) y ácido araquidónico (ARA) en un menor grado y, la reducción muy pronunciada de ácido cicosapentaenoico (EPA) en músculo afectando el crecimiento del pez.

El porcentaje de lípidos encontrado en tejido muscular de bagre de canal varió al final del periodo experimental entre 17% y 25.7% con base en el peso seco entre todas las dietas y durante los muestreos quincenales (Tabla 8), las dietas con mayor porcentaje de lípidos al final del periodo experimental fueron las dietas aceite de pescado y soya + probiótico y soya que presentan un porcentaje de lípidos muy similar entre ellas (diferencia 1.37%). Contrastar los porcentajes de lípidos entre las distintas dietas, resulta complicado dada la alta variabilidad que se dió durante todo el periodo experimntal. Suja y colaboradores (2011) encontraron que los lípidos en filete de bagre de canal estuvieron afectados por la temperatura y la ganancia de peso. Esta variabilidad en

la cantidad de lípidos presentes en tejido de bagre de canal puede estar dada por factores endógenos y exógenos que desconocemos o no controlamos durante el periodo experimental (Shearer, 1994). Los vertebrados en general tienen una casi nula capacidad de sintetizar ácidos grasos de **novo**, es decir que todas las grasas que necesitan para su desarrollo deben de venir de fuentes exógenas. Esto aunado a que solo les damos aceites vegetales podría causar enfermedades de tipo nutricional y bajas tasas de crecimiento en los organismos. Izquierdo y colaboradores (2008), demostraron en larvas de Dorada Europea (*Sparus aurata*) alimentadas con dietas mixtas de aceite de pescado y vegetal la capacidad de elongación de los ácidos grasos dietarios.

IX. Conclusiones.

1. En el presente estudio se evaluó el efecto de la adición de un probiótico en dietas prácticas con aceites de pescado y soya sobre los parámetros productivos del bagre de canal (*I. punctatus*) sin observar diferencia estadística significativa entre los grupos experimentales al final del periodo experimental: 90 días.
2. Aún si no se observó un aumento estadísticamente significativo en el crecimiento de los peces, detectamos que porcentualmente las dietas suplementadas con probióticos tienen consistentemente un mejor crecimiento al final del periodo experimental, la dieta aceite de pescado y soya + probiótico tiene una ganancia de un 13.9% respecto a su dieta control aceite de pescado y soya.
3. Se observó que en el peso diario ganado (DWG) la mejor dieta que fue aceite de pescado y soya + probiótico superando con $0.25 \text{ g/pez/día}^{-1}$ su control la dieta aceite de pescado y soya. Respecto a la tasa específica de crecimiento (SGR%) y la tasa instantánea de crecimiento (TIC) observamos una diferencia estadística significativa desde de la quincena 4 en la dieta aceite de pescado y soya + probiótico a partir de esta fecha se mantuvo como la dieta con mayor porcentaje y gramos ganados hasta el final del periodo experimental.
4. Se observaron diferencias estadísticas significativas entre las distintas dietas durante algunas fechas respecto al porcentaje de proteínas presentes en músculo, sin embargo cabe resaltar que durante las últimas 3 fechas del periodo experimental la dieta aceite de pescado y soya fue la que contenía la menor cantidad de proteínas presente en músculo que el resto de las dietas.
5. Se comprobó que la suplementación de las dietas con probiótico no modificó los porcentajes de lípidos y los porcentajes concuerdan con otros trabajos realizados.

6. Con base en los datos experimentales se destaca que el uso de probióticos tiene potencial benéfico no solamente en el control de enfermedades sino también para la mejora del crecimiento de los organismos. Ambos aspectos son de vital importancia para hacer económicamente más efectiva la producción en acuicultura.

X. Recomendaciones.

De acuerdo con los resultados obtenidos durante el desarrollo del presente trabajo se indica que la evaluación del efecto de un probiótico sobre el crecimiento del pez se debe realizar en periodos experimentales más extensos (120 días).

Se ofrecerá el apoyo de nuestros laboratorios al sector acuícola, para la evaluación de este y nuevos suplementos alimenticios a base de probióticos disponibles en el mercado, para ser testados en condiciones óptimas de crecimiento antes de llevar a cabo su uso a gran escala para el cultivo de especies en la zona como el bagre de canal y la tilapia, sirviendo este trabajo como referencia para esta región.

XI. Literatura Citada.

- Abdelhamid A.M., A.E. Abd El-Khalek, M.A.A. Mostafa, S.A.A. Gomaah and F.F. Khalil. 2004. Effect of using Betafin and/or Biopolym as natural additives in producing Nile tilapia fish in poly-culture semi-intensive system in earthen ponds. J. Agric. Sci., Mansoura University. 29: 3149-3162.
- Abdelhamid A.M, A.I. Mehrim, M.I. El-Barbary, S.M. Ibrahim and A.I. Abd El-Wahab. 2009. Evaluation of a New Egyptian Probiotic by African Catfish Fingerlings. Journal of Environment Science and Technology 2 (3): 133-145.
- Aguilera, H. P. y M. Zarza. 1986. El bagre y su cultivo. Publicación de la secretaría de Pesca. FONDEPESCA. Edit. Litográfica. México S.A. México D.F.
- Aguirre-Guzmán Gabriel, Jesús Genaro Sánchez-Martínez, Roberto Pérez-Castañeda, Ma. de la Luz Vazquez-Sauceda. 2010. Estudio preliminar sobre la aplicación de un probiótico comercial (EcoDigest®) en dieta comercial de bagre de canal (*I. punctatus*). Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos y Julián Gamboa Delgado. Avances en Nutrición Acuícola X. Memorias del Décimo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 8 - 10 de Noviembre 2010. San Nicolás de los Garza, N.L. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. ISBN 978-607-433-546-0. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México, pp. 712.
- Ahilan, B., G., R. Shine y Santhanam. 2004. Influence of probiotics on the growth and gut microflora load of juvenile gold fish (*Carassius auratus*). Asian Fisheries Science 17: 271-278.

- Al-Dohail M.A, R. Hashim, M. Aliyu-Paiko. 2009. Effects of the probiotic, *Lactobacillus acidophilus*, on the growth performance, haematology parameters and immunoglobulin concentration in African Catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) fingerling. *Aquaculture research* 40: 1642-1652.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Austin B. and J.W. Brunt. 2009. The Use of Probiotics in Aquaculture en *Aquaculture, Microbiology and Biotechnology* Vol. 1. Science Publishers.
- Bell J.G., J. McEvoy, D.R. Tocher, F. McGhee, P.J. Campbell, J.R. Sargent, 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid composition and hepatocyte fatty acid metabolism. *J. Nutr.* 131: 1535–1543.
- Bradford M. M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Bhujel C. Ram., 2008. *Statistics for aquaculture*. Wiley-Blackwell. Singapore. pp. 22-25.
- CONAPESCA. 2007. Anuario estadístico. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. México.
- Conway, P.L., 1996. Development of intestinal microbiota. In: Mackie, R.I., White, B.A., Isaacson, R.E. Eds., *Gastrointestinal Microbiology, Vol. 2, Gastrointestinal Microbes and Host Interactions*. Chapman & Hall Microbiology Series, Chapman & Hall, New York, pp. 3–38.
- Díaz-Rosales, P., I. Salinas, A. Rodríguez, A. Cuesta, M. Chabrillon, M.C. Balebona, M.A. Morinigo, M.A. Esteban, and J. Meseguer. 2006. Gilthead seabream (*Spartus aurata* L.) innate

immune response after dietary administration of heat-inactivated potential probiotics. *Fish and Shellfish Immunology* 20(4): 482-492.

Ehab R. El-Haroun. 2007. Improved Growth Rate and Feed Utilization in Farmed African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) Through a Growth Promoter Biogen® Supplementation. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 2 (5): 319-327.

Essa M. A., H. A. Mabrouk, R. A. Mohamed, F. R. Michael. 2011. Evaluating different additive levels of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, on the growth and production performances of a hybrid of two populations of Egyptian African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 320: 137-141.

FAO. 2003. Acuicultura: principales conceptos y definiciones. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (<http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/aquaculture-defs.htm>).

FAO. 2010a. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: 2010: Informe SOFIA. Departamento de pesca y acuicultura de la FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 218 p.p.

FAO. 2010b. Cultured Aquatic Species Information Programme: *Ictalurus punctatus*. Departamento de pesca y acuicultura de la FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. (http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Ictalurus_punctatus/en).

Folch, J., M. Lees, and H. Sloanestanley. 1957. A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. 226: 497-509.

- Fountoulaki E., A. Vasilaki, R. Hurtado, K. Grigorakis, I. Karacostas, I. Negas, G. Rigos, Y. Kotzamanis, B. Venou, M.N. Alexis. 2009. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile. Recovery of fatty acids profile by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture* 289: 317-326.
- Fuller R. 1987. A review, probiotics in man and animals. *J. Appl. Bacteriol.* 66: 365-378.
- Fulton, R.M., B.N. Nersessian and W.M. Reed. 2002. Prevention of *Salmonella enteritidis* infection in commercial ducklings by oral chicken egg-derived antibody alone or in combination with probiotics. *Poultry Science* 81: 34-40.
- Garling D.R. and R.P. Wilson. 1976. Optimum dietary protein to energy ratio from channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *The journal of nutrition* 106 (9): 1368-1365.
- Gatesoupe F. J., 1997. Siderophore production and probiotic effect of *Vibrio* sp. Associated with turbot larvae, *Scophthalmus maximus*. *Aquatic Living Resources* 10: 239-246.
- Gatesoupe F. J., 1999. Review: The Use of Probiotics in Aquaculture. *Aquaculture* 180: 147-165.
- Gatesoupe F. J., 2000. Uso de probióticos en acuicultura. pp 463-472 En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.
- Gatesoupe F. J., 2002. Probiotic and formaldehyde treatments of *Artemia* nauplii as food for larval pollak, *Pollachius pollachius*. *Aquaculture* 212: 347-360.

- Gómez R., D. Geovanny, J.L. Balcazar and MA Shen. 2007. Probiotics as control agents in aquaculture. *Journal of ocean university of china (Oceanic and coastal sea research)* 6 (1): 77-79.
- Gross Amit, A. Nemirovsky, D. Zilberg, A. Khaimov, A. Brenner, S. Eviatar, Z. Ronen, A. Nejjdat. 2003. Soil nitrifying enrichments as biofilter starters in intensive recirculating saline water aquaculture. *Aquaculture* 223: 51-62.
- Hardy, R.W., D.A. Higgs, S.P. Lalla, A.G.J. Tacon. 2001. Alternative dietary protein and lipid sources for sustainable production of salmonids. *Fisken-Havet* 8: 44.
- Irianto A. y B. Austin. 2002. Review: Probiotics in Aquaculture. *Journal of Fish Diseases* 25: 633-642.
- Izquierdo M.S., A. Obach, L. Arantzamendi, D. Montero, L. Robaina, G. Rosenlund. 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition* 9: 397– 407.
- Izquierdo M.S., D. Montero, L. Robaina, M.J. Caballero, G. Rosenlund, R. Ginés. 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture* 250: 431-444.
- Izquierdo M.S., L. Robaina, E. Juarez-Carrillo, V. Oliva, C.M. Hernández-Cruz, J.M. Afonso. 2008. Regulation of growth, fatty acid composition and delta 6 desaturase expression by dietary lipids in gilthead sea bream larvae (*Sparus aurata*). *Fish physiology and biochemistry*. 34: 117-127.

- Jackson A., 2005. The importance of fishmeal and fish oil in aquaculture diets. International AQUAFEED. November-December pp. 16-19.
- Jackson A. y F. Aldon. 2006. How much whole fish consume the aquaculture?. IFFO, Infopesca internacional N° 49. (www.iffonet/default.asp?contentID=663).
- Jöborn, A., J.C. Olsson, A. Westerdahl, P.L. Conway and S. Kjelleberg. 1997. Colonization in the fish intestinal tract and production of inhibitory substances in intestinal mucus and faecal extracts by *Carnobacterium* sp. K1. Journal of Fish Diseases 20: 383-392.
- Koindadacha, O. D., I. A. Adikwu, A. N. Okaeme, R. Y. Atiribom, A. Mohammed and M. Musa. 2001. The role of probiotics in aquaculture in Nigeria- A Review. Continental J. Fisheries and Aquatic Science 5 (1): 8 - 15.
- Lara-Flores M. M., A. Olvera-Novoa, B.E. Guzmán-Méndez, and W. López Madrid. 2003. Use of bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 216: 193-201.
- Macey M. B. y V. E. Coyne. 2006. Colonization of the Gastrointestinal Tract of the Farmed South African Abalone *Haliotis midae* by the Probiotics *Vibrio midae* SY9, *Cryptococcus* sp. SS1, and *Debaryomyces hansenii* AY1. Marine Biotechnology 8 (3): 246-259.
- Miller R. R. 2009. Peces Dulceacuicolas de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; Sociedad Ictiológica Mexicana, A.C.; El Colegio de la Frontera Sur; Consejo de los peces del Desierto, México - Estados Unidos. México.
- Nomoto K., 2005. Prevention of infections by Probiotics. Journal of Bioscience and Bioengineering 100 (6): 583-592.

- Queiroz, J.F. y C.E. Boyd. 1998. Effects of bacterial inoculum in channel catfish ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 29: 67-73.
- Ringø E. y F.J. Gatesoupe. 1998. Lactic acid bacteria in fish: a review. *Aquaculture* 160: 177-203.
- Robinson E.H. and M.H. Li. 2003. Catfish protein nutrition: revised. Mississippi agricultural and forestry experiment state. Bulletin No. 1159.
- Robinson, E.H. and M.H. Li. 2007. Catfish feeds and feeding. Mississippi agricultural and forestry experiment state. Bulletin No. No. 1163.
- Rosenlund, G., A. Obach, M.G. Sandberg, H. Standal, K. Tveit. 2001. Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Research* 32: 323–328.
- SAGARPA. 2008. Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Bagre para la Inocuidad Alimentaria. SENASICA. CIAD, A. C. unidad Mazatlán.
- Sayed M.A., I.A. Wafa, W.T. Abbas. 2011. Evaluation of *Azotobacter* and *Azospirillum* biofertilizers as a probiotics in *Oreochromis niloticus* aquaculture. *Journal of fisheries and aquatic science* 6 (5): 535-544.
- SEAFEEDS (Sustainable environmental aquaculture feeds). 2003. Final report to the seafeeds workshop organized and chaired by nautilus consultants in association with the stirling university institute, stirling 8th - 9th april (www.nautilus-consultants.co.uk/seafeeds/files/final%20report.pdf).
- Shearer K.D., 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture* 119: 63-88.

- Shelby R. A., L. Chhorn, M. Yildirim-Aksoy, P. H. Klesius. 2007. Effects of probiotic bacteria as dietary supplements on growth and disease resistance in young channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Journal of Applied Aquaculture* 19: 81-91.
- Sihag R. C. and S. Parvati. 2012. Probiotics: The new ecofriendly alternative measures of disease control for sustainable aquaculture. *Journal of fisheries and aquatic science* 7 (2): 72-103.
- Sink T.D. y R. Lochmann. 2011. The effects of dietary soybean lecithin on channel catfish growth, innate immune response, lipid biochemical indices, and value of fillets for human health. *World aquaculture society* 108.
- SOY-FED FISH. 2012. Using soybeans to Fed Fish. Consultado: 28/06/2012. (www.soyaqua.org/about/using-soybeans-to-feed-fish).
- Suxu He, Zhigang Zhou, Yuchun Liu, Pengjun Shi, Bin Yao, Einar Ringo, Ilkyu Yoon. 2009. Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* ♀ × *O. aureus* ♂) cultured in cages. *Aquaculture* 294: 99-107.
- Suja B., H. Phillips, R. Lochmann, R. Chen. 2011. Effect on temperature on growth feed utilization, and immune status of channel catfish in a recirculating system. *North America Journal of Aquaculture* 71 (1): 64-72.
- Tucker, C.S. y E.H. Robinson. 1990. *Channel Catfish Farming Handbook*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Tzachi M. S., 2010. Soy-in-Aquaculture research program shrimp. American soybean association. Consultado: 28/06/2012. ([www.soyaqua.org/reports-search-results?product\[0\]=44](http://www.soyaqua.org/reports-search-results?product[0]=44)).

- Varela J. L., I. Ruiz-Jarabo, L. Vargas-Chacoff, S. Arijo, J. M. León-Rubio, I. García-Millán, M. P. Martín del Río, M. A. Moriñigo, J. M. Mancera. 2010. Dietary administration of probiotic Pdp11 promotes growth and improves stress tolerance to high stocking density in gilthead seabream *Sparus auratus*. *Aquaculture* 309: 265-271.
- Vine N. G., W. D. Leukes, H. Kaiser, S. Daya, J. Baxter and T. Hecht. 2004a. Competition for attachment of aquaculture candidate probiotic and pathogenic bacteria on fish intestinal mucus. *Journal of Fish Diseases* 27: 319-326.
- Vine, N.G., Leukes, W.D., H. Kaiser. 2004b. *In vitro* growth characteristics of five candidate aquaculture probiotics and two fish pathogens grown in fish intestinal mucus. *FEMS Microbiol. Lett.* 231: 145–152.
- Wang Y., L. Jian-Rong and L. Junda. 2008. Probiotics in aquaculture: Challenges and Outlook. *Aquaculture* 281: 1–4.
- Welker, T.L., Lim, C.E., Aksoy, M., Shelby, R.A., Klesius, P.H. 2007. Immune response and resistance to stress and *Edwardsiella ictaluri* challenge in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing commercial whole-cell yeast or yeast subcomponents. *Journal of the World Aquaculture Society*. 38(1): 24-35.