



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
RECURSOS NATURALES**

**EFFECTO EN EL CRECIMIENTO CON EL USO DE ADITIVOS EN LA DIETA DEL
*ACOCIL *Cambarellus montezumae* (SAUSSURE, 1857).***

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:
BIÓL. ISIDRO DANIEL SALINAS VELARDE**

**DIRIGIDA POR:
DR. IVÁN GALLEGO ALARCÓN
DR. DAURY GARCÍA PULIDO
DR. ABDELFATTAH ZEIDAN MOHAMED SALEM**

TOLUCA ESTADO DE MÉXICO, DICIEMBRE DE 2016.



UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Toluca, Estado de México a 7 de agosto de 2014

DR. MARTÍN RUBÍ ARRIAGA
COORDINADOR
POSGRADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
UAEM

P R E S E N T E

Sirva la presente para enviarle un cordial saludo y para informarle que el Biol. Isidro Daniel Salinas Velarde me ha solicitado que sea su tutor académico para realizar sus estudios de Maestría en el Posgrado de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Me permito informarle a usted que acepto dirigir sus estudios de maestría, su proyecto de tesis se encuentra en el marco del proyecto intitulado "DOMESTICACIÓN DE ACOCIL (*Cambarellus sp*) EN SISTEMAS SUSTENTABLES DE RECIRCULACIÓN ACUÍCOLA PARA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO EN CAUTIVERIO" la clave UAEM se encuentra pendiente por asignar por parte de la Secretaria de Investigación y Estudios Avanzados, cabe mencionar que este proyecto recién empezará en el mes de agosto del 2014 y tiene una duración de tres años.

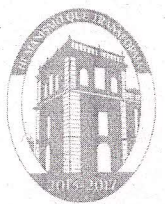
Así mismo le informo que actualmente cuento con 1 estudiante de maestría y 1 estudiante de doctorado inscritos y 1 estudiantes que ha concluido con sus créditos de doctorado Sin más por el momento me despido cordialmente agradeciendo la atención prestada a la presente, disponiéndome a sus apreciables órdenes.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2014, 70 Aniversario de la Autonomía ICLA-UAEM"


DR. IVAN GALLEGO ALARCÓN
PROFESOR INVESTIGADOR

Centro de Investigación en Recursos Bióticos
www.uaemex.mx/cirb

Carretera Toluca - Ixtlahuaca Km. 14.5
Unidad San Cayetano, Toluca, Estado de México
Tel. +52 (722) 296-5553 CP. 50200





UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

CONSTANCIA

Registro de Protocolo de Tesis

Toluca, México, a 18 de Febrero de 2015

Número de Registro. MACARN-1315

Nombre del Programa Académico: Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Tema de Tesis de Grado: Efecto en el crecimiento con el uso de aditivos en la dieta del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857).

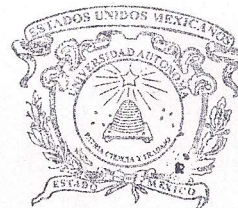
Nombre del Alumno: Salinas Velarde Isidro Daniel

No. de cuenta: 0724855

Comité de Tutores

Tutor Académico: Dr. Iván Gallego Alarcón

Tutores Adjuntos: Dr. Daury García Pulido
Dr. Abdel-Fattah Salem



**DIRECCION DE
ESTUDIOS AVANZADOS**

**DRA. CARMEN ÁLVAREZ LOBATO
DIRECTORA DE ESTUDIOS AVANZADOS**

SBEA





UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Cerrillo, Piedras Blancas a 21 de octubre de 2016

DR. MARTÍN RUBÍ ARRIAGA
COORDINADOR DEL PCARN-UAEM
P R E S E N T E

Estimado Dr. Rubí:


Por este conducto informamos que el alumno de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales **Isidro Daniel Salinas Velarde** con número de cuenta 0724855 ha concluido su tesis de maestría, titulada **"EFECTO EN EL CRECIMIENTO CON EL USO DE ADITIVOS EN LA DIETA DEL ACOCIL *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857)"**.


Por lo anterior, el comité de tutores aprueba la tesis y que el alumno presente su examen de grado.

Sin más por el momento, agradezco la atención brindada al presente.

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2016, Año del 60° Aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"


DR. IVÁN GALLEGO
ALARCON
TUTOR ACADÉMICO


DR. DAURY GARCÍA
PULIDO
TUTOR ADJUNTO

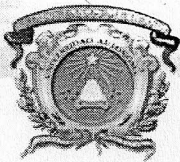

DR. ABDEL FATTAH
ZEIDAN MOHAMMED
SALEM
TUTOR ADJUNTO



Facultad de Ciencias
www.uaemex.mx/fciencias

Campus El Cerrillo, Piedras Blancas,
Carretera Toluca - Ixtlahuaca Kilómetro 15.5,
Edo. de México. Tel/Fax 2965556 y 2965554 C.P. 50295





UAEM | Universidad Autónoma
del Estado de México

Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Cerrillo, Piedras blancas a 24 de noviembre de 2016.

DR. MARTÍN RUBÍ ARRIAGA
COORDINADOR DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA
Y DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
PRESENTE

El que suscribe Dr. Iván Gallego Alarcón, tutor académico del alumno Isidro Daniel Salinas Velarde con número de cuenta UAEM 0724855 inscrito en el Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, solicita la aprobación del sínodo de evaluación profesional que se llevará a cabo el día jueves 1° de diciembre a las 11 horas del presente año bajo la siguiente propuesta:

Propietarios:

- Dr. Iván Gallego Alarcón
- Dr. Daury García Pulido
- Dr. Abdelfattah Zeidan Mohammed Salem
- Dr. David García Mondragón
- Dr. Arturo Venebra Muñoz

Suplentes:

- Dra. Cristina Burrola Aguilar
- Dra. Laura White Olascoaga

Sin más por el momento le agradezco su amable atención.

PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

"2016, Año del 60 aniversario de la Universidad Autónoma del Estado de México"

IVÁN GALLEGO ALARCÓN
NOMBRE Y FIRMA DEL TUTOR ACADÉMICO

Isidro Daniel Salinas Velarde
NOMBRE Y FIRMA DEL ALUMNO

Julieta Gertrudis Estrada Flores
NOMBRE Y FIRMA DEL REPRESENTANTE DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN (VO.BO.)



C.c.p. Archivo

www.uaemex.mx

DEDICATORIAS

Con mucho cariño a mi madre Esperanza Velarde quien siempre ha estado en mis momentos de éxito y de fracaso, de felicidad y tristeza, quien es para mí un ejemplo de fortaleza, humildad y sabiduría. Gracias por todo tu amor y apoyo incondicional.

A mi padre Ignacio Salinas, quien a pesar de la distancia nunca deja de preocuparse por su familia, por su gran cariño, apoyo y preocupación por mí y mi formación y por ser un gran ejemplo de sacrificio por las personas a quienes se ama.

A mis hermanos Manuel y David, que a pesar de tener momentos de desacuerdo siempre vemos por nuestro bienestar.

A mi sobrina Yaz, por darnos tantas alegrías.

A mis hermanos de copa Martín, Diego, Kike y Alex, quienes fueron y siguen siendo un pilar emocional indispensable en mi vida.

A mi queridísimo barrio loco: Mario (puercota), Porro, Maco, Gabo, Pachón, Migue, Paco y demás barrio quienes son un elemento clave para cualquier persona en su formación en el camino de la ciencia... y del alcohol. Gracias hermanos.

A Iván "El Chelas" Cervantes y a Selene por su gran apoyo, participación y enseñanza en el proyecto del acocil y en mi formación.

A los Clavs!!!! Quienes pasaron de ser mi objeto de burla a mis grandes camaradas y hermanos a quienes quiero muchísimo.

A mi Lau: sé que no tenemos mucho de conocernos y que apareciste al final de mi formación, corrí con suerte y hoy estás conmigo, siempre apoyándome y animándome en este camino llamado vida, te quiero mucho.

Y a toda esa gente que dijo que no podía, a la gente llena de envidia y malas vibras: ¡¡¡¡¡este grado va para ustedes!!!!

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Iván Gallego Alarcón: por creen en mí y darme un espacio en su gran equipo de trabajo, por compartir parte de su experiencia, por sus consejos académicos y personales y por ser un gran ser humano a lo largo de mi formación académica y personal.

Al doctor Salem: por su apoyo incondicional en el desarrollo del trabajo.

Al doctor Daury: por permitirme participar en el proyecto del acocil y por facilitarme las herramientas requeridas a lo largo del experimento.

Al laboratorio de acuicultura (Iván Cervantes, Tzolkin Rossel, Selene Ortiz, Rodolfo Rodríguez, Amadeo Hernández y Liliana Estrada) por su participación y apoyo en el proyecto del acocil.

A los profesores de asignatura que fueron parte de mi formación como maestro en ciencias, en especial al doctor Arturo Venebra Muñoz.

Al Consejo nacional de ciencia y tecnología por proporcionar la beca para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. ANTECEDENTES	5
2.1 Características generales de la especie.....	5
2.1 Estudios sobre la dieta	6
2.2 Densidad de organismos	7
2.3 Aditivos en la dieta	8
2.3.1 Adición de levadura.....	8
2.3.2 Adición de componentes vegetales	9
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
4. OBJETIVO	12
4.1 Objetivos específicos.....	12
5. HIPÓTESIS	12
6. METODOLOGÍA.....	13
6.1 Colecta.....	13
6.2 Condiciones experimentales.	15
6.3 Diseño experimental	15
6.4 Elaboración de los tratamientos	16
6.4.1 Tratamiento con extracto de sauce llorón (TS).....	16
6.4.2 Tratamiento con levadura Biocell (TL)	17
6.5 Parámetros de crecimiento.....	18
6.6 Estadística.....	20
7. RESULTADOS	21
7.1 Journal destino	21
7.2 Confirmación de envío	22
7.3 Artículo	23
8. CONCLUSIONES	44
9. REFERENCIAS.....	45

RESUMEN

El efecto de dos aditivos en la dieta fue evaluado en el crecimiento del acocil *Cambarellus montezumae*. Se colectaron acociles juveniles y fueron llevados a un sistema de recirculación; se alimentaron cada dos días con tres tratamientos: alimento balanceado para camarón (control, TC), el alimento con 0.5% de levadura (TL) y el alimento con 2% de extracto del sauce llorón *Salix babylonica* (TS). Los acociles fueron medidos y pesados cada semana para obtener indicadores de crecimiento, durante 105 días experimentales. Los acociles alimentados con TL presentaron más mudas (16.33 ± 3.05), son más largos (33.68 ± 0.7), tienen mejor factor de conversión alimenticia (3.17 ± 0.09) y presentan mejor relación peso/longitud que los otros tratamientos ($P < 0.001$). Sin embargo, los acociles alimentados con TS presentan mayor biomasa (62.04 ± 2.9), factor de condición corporal ($3.0212e-05 \pm 2.1554e-06$) y menor mortalidad (66.3 ± 0.57). Se recomienda el uso de levadura como aditivo en la dieta para mejorar el crecimiento del acocil y su producción a gran escala.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los cultivos acuícolas, el de los crustáceos es uno de los más apreciados por su valor comercial y nutritivo por lo que su demanda es mayor a nivel mundial, principalmente de crustáceos marinos. No obstante, la producción de crustáceos dulceacuícolas está en vías de desarrollo y que, a pesar de su abundancia, menos de una docena de especies de crustáceos dulceacuícolas son cultivadas en todo el mundo, solo pocas son de importancia comercial en la pesca y existe poca información biológica de la mayoría de estas especies (Hernández y Pérez, 2012; Rodríguez *et al.*, 2010; Huner y Gaudé, 2001).

El éxito de una industria acuícola, se basa entre otros, en la selección de la especie con características apropiadas para utilización comercial. Los crustáceos dulceacuícolas tienen un alto potencial para su uso en sistemas de acuicultura ya que son la base de las cadenas tróficas, alimentándose de detritus y desechos, por lo que son considerados fundamentales para mantener un balance ecológico en los ecosistemas naturales y es posible mantenerlos en condiciones controladas (Hernández y Pérez, 2012; Rojas, 1998; Sánchez-Saavedra *et al.*, 1993).

De igual forma, tienen características biológicas que los hacen especies potencialmente importantes para la acuicultura, tales como: fácil adaptación a condiciones de cautiverio y manipulación, aceptan alimento artificial de diferentes organismos (camarón, pescado, plantas acuáticas y vegetales), pueden ser alimentados con proteína vegetal y tienen un ciclo de vida aproximadamente de dos años o menos (Hernández y Pérez, 2012).

Entre las especies de crustáceos dulceacuícolas del Altiplano Mexicano, se le ha dado mayor importancia al acocil *Cambarellus montezumae*. Su adaptación a medios poco favorables como las aguas estancadas y someras en un clima de montaña ha hecho que sea factible su cultivo en aguas cuyo aprovechamiento es mínimo y como complemento a la piscicultura local (Moctezuma, 1996).

Es una especie silvestre que presenta posibilidades y ventajas de explotación para su producción, tales como resistencia a plagas y enfermedades, menores requerimientos en infraestructura, mano de obra y alimentación, mayor factibilidad de integrarse a un policultivo natural, entre otras (Hernández y Pérez, 2012; Sánchez *et al.*, 2009; Castro *et al.*, 2003; Moctezuma, 1996).

Las investigaciones sobre los requerimientos de alimento para crustáceos son relativamente recientes, sin embargo, aún no se han alcanzado soluciones definitivas que puedan resolver los problemas planteados por la explotación comercial (Castro *et al.*, 2011; Minh y Fotedar, 2010; Castro *et al.*, 2003).

Uno de los aspectos que deben considerarse para asegurar el éxito en el cultivo de crustáceos es la nutrición, ya que se ha observado que el alimento empleado no contiene los nutrimentos que las especies requieren para un crecimiento óptimo, principalmente en la primera parte de sus vidas, ya que es en esta etapa cuando ocurre una mayor mortalidad (Castro *et al.*, 2011).

La mayoría de los crustáceos de agua dulce han sido clasificados como detritívoros, herbívoros u omnívoros/oportunistas; por lo que en condiciones naturales presentan la capacidad de aprovechar una gran variedad de alimento; el contenido estomacal de éstos consiste en más del 80% de detritus y material vegetal con un contenido por igual de pequeños moluscos, nematodos e insectos.

De acuerdo con algunos estudios la dieta basada en plantas y detritus proveen a los cambáridos de carotenoides y energía, sin embargo, algunas especies muestran preferencia por dietas basadas en contenido de origen animal debido a su gran aporte energético (Rodríguez *et al.*, 2010; Jones *et al.*, 1996). Es por esto que se han realizado investigaciones en el crecimiento con el uso de dietas con contenido animal en la producción de cambáridos.

Generalmente, el alimento para cambáridos se utiliza con ingredientes nutricionales equilibrados, sin embargo, existe la posibilidad de utilizar aditivos en el alimento como metabolitos secundarios (derivados de plantas) o bacterias y levaduras para contribuir al balance intestinal microbiano (Castro *et al.*, 2011; Latournerié *et al.*, 2006).

Esto debido a que tanto microorganismos como plantas son una fuente importante de alimento para los cambáridos en su hábitat natural. Actualmente el uso de prebióticos ha sido muy usado en la acuicultura debido a la intensificación de ésta, siendo de mayor interés el mejoramiento de la salud mediante la inclusión de probióticos ya sea en el alimento o en el agua (Günther y Jiménez, 2004).

En condiciones experimentales, el uso de prebióticos o probióticos en la dieta es una forma de sustituir los metabolitos secundarios de las plantas y microorganismos como bacterias y hongos que son benéficos para los acociles; por lo que en el presente trabajo se evaluarán parámetros de crecimiento del acocil *C. montezumae* con el uso de aditivos en su dieta para su producción a mediana escala.

2. ANTECEDENTES

2.1 Características generales de la especie

La familia de los cambáridos está compuesta por 12 géneros y más de 400 especies, la mayoría distribuidas en Norteamérica (Hobbs *et al.*, 1989). En México, la familia Cambaridae está representada por 57 especies, hasta el momento, y está dividida en tres géneros: *Cambarellus*, *Orconectes* y *Procambarus*. Para el género *Cambarellus*, se reportan diez especies distribuidas desde el norte, pasando por la vertiente del pacífico y llegan hasta la región central del país (Álvarez y Rangel, 2007).

Cambarellus montezumae o comúnmente llamado acocil es una especie que alcanza tallas de 45mm de longitud desde la cabeza al extremo del telson; en esta especie como en la mayoría de crustáceos, las hembras son más grandes que los machos y la coloración varía desde el café, naranja azul y gris. Aunado a esto, existe dimorfismo sexual, el primer par de pleópodos en los machos está modificado como una estructura copuladora que se encarga de transferir el espermatóforo a la hembra durante la cópula. Es la especie de acocil con mayor área de distribución, ya que se encuentra en parte de la vertiente del pacífico y en la región central del país habitando cuerpos de agua con pH de 7.6 a 9 y temperaturas de 10 a los 25 °C, como ríos, lagos, presas y bordos asociados a vegetación riparia. Su clasificación taxonómica a la fecha es la siguiente:

Phylum	Arthropoda
Clase	Crustacea
Subclase	Malacostraca
Superorden	Eucarida
Orden	Decápoda
Suborden	Pleocyemata
Infraorden	Astacidea
Superfamilia	Astacoidea
Familia	Cambaridae
Genero	<i>Cambarellus</i>
Especie	<i>Cambarellus montezumae</i>

Su ciclo de vida consta de apareamientos durante todo el año, pero se ve más pronunciado durante el verano. Después de 30 días se puede apreciar la presencia de huevos en los pleópodos de la hembra; embriones para el día 55 y la primera cría alrededor del día 75, aunque llega a variar dependiendo de los factores abióticos. Posterior a la aparición de la cría, la primera muda se presenta a los 15 días hasta llegar a la madurez sexual (aproximadamente a los 285 días), llegando a vivir hasta 15 meses en su ambiente natural (Álvarez y Rangel, 2007; Hobbs *et al.*, 1989).

Dentro de la acuicultura, un aspecto a considerar que determina el que un organismo tenga potencial de cultivo, es su capacidad reproductiva bajo condiciones controladas (Guillaume *et al.*, 2004), lo que a su vez depende de su habilidad para adaptarse al sistema de producción, alimentación y calidad del agua.

Estudios preliminares realizados por Hernández y Pérez (2012) indican que los acociles pueden reproducirse en cautiverio a una edad temprana (cerca de los cuatro meses), su primer desove tiene tasas de sobrevivencia altas y se reproducen todo el año, por lo que son una especie potencial para el cultivo en condiciones controladas.

2.1 Estudios sobre la dieta

Existen pocos estudios sobre la alimentación para la producción del acocil en laboratorio, los cuales reportan diferencias en el crecimiento con diferentes dietas.

Dentro de los primeros estudios disponibles en la literatura para la especie *C. montezumae*, se encuentra el realizado por Moctezuma (1996), donde se evalúa la ganancia de peso y la sobrevivencia con una dieta artificial (alimento balanceado comercial para peces) y una natural (constituido por proteína vegetal derivada de *Potamogeton luscens* y *Typha dominguensis*, y proteína animal derivada de anélidos oligoquetos acuáticos); obteniendo mayores ganancias de peso y altas tasas de sobrevivencia en los individuos con alimento artificial en comparación con los que fueron alimentados con la dieta natural.

Se han realizado estudios en otras especies de astacidos respecto a la alimentación; Rodríguez *et al.* (2010), comparan parámetros de crecimiento del langostino *Procambarus llamas* entre diferentes dietas comerciales que consisten en alimento para camarón, trucha, tilapia, conejo, pavo y cerdo, y encontraron que el langostino presenta mejor crecimiento cuando su dieta se basa en alimento para camarón, siendo menor el crecimiento con las dietas basadas en alimento para animales de granja.

Por otra parte, Valipour *et al.* (2012) evalúan el efecto del alimento adicionado con diferente concentración de lípidos (4%, 7%, 10%, 13% y 16%) en el crecimiento, sobrevivencia y muda en el cangrejo de río *Astacus leptodactylus*, obteniendo que con el alimento adicionado con 13% de lípidos los organismos tenían mayor ganancia de peso, mayor tasa de crecimiento y mayor sobrevivencia que con las demás concentraciones.

Xu *et al.* (2013) evaluaron el efecto de una dieta con tres concentraciones de proteína (24, 27 y 30%) en el crecimiento y composición corporal del langostino *P. clarkii*; sus resultados muestran que la dieta con 30% de lípidos promueve un crecimiento eficiente en términos de tasa de ganancia de peso y tasa de crecimiento específica en comparación a concentraciones más bajas.

2.2 Densidad de organismos

La densidad de organismos, que es un factor que tiene efecto sobre el crecimiento en el cultivo de crustáceos, ha sido evaluada para mejorar la producción de éstos; sin embargo, para los acociles los estudios son escasos.

Arredondo *et al.* (2010), evalúan el desempeño del crecimiento y alimentación en *Cambarellus montezumae* cultivado a tres densidades altas (77, 154, 231 organismos/m²), observando diferencias significativas en el crecimiento, obteniendo mejor desempeño de crecimiento en aquellos tratamientos donde la densidad de organismos es de 77 y 154 individuos/m²; sin embargo, no descartan la idea de un cultivo de 231 individuos/m² en contenedores más grandes.

Otro factor que contribuye al buen desempeño del crecimiento es la disponibilidad de refugios, debido a la naturaleza carnívora de esta especie, disminuyendo la competencia por recursos y la mortalidad. Existen estudios sobre la densidad de organismos en otras especies de decápodos, sin embargo, debido a la diferencia de tamaño entre especies no se pueden considerar como referencia para este estudio ya que tanto el tamaño del individuo como el espacio requerido para su cultivo intensivo varían significativamente.

2.3 Aditivos en la dieta

Se sabe que los microorganismos y plantas forman parte de la dieta de diversos crustáceos (Holdrich y Lowery, 1980) ayudándole a estos con procesos como la muda, la cual es un indicador de crecimiento. Es por eso que se han realizado experimentos con la dieta adicionándole prebióticos o probióticos que son organismos y sustancias que contribuyen al balance intestinal microbiano (Parker, 1997), activan el sistema inmune y estimulan el crecimiento (Minh y Fotedar, 2010).

Los prebióticos contienen carbohidratos no digeribles que estimulan el crecimiento y actividad de bacterias benéficas en el intestino y pueden activar las respuestas inmunes innatas de los organismos en cultivo cuando se usan como suplemento alimenticio.

Los estudios con el uso de prebióticos en la acuicultura son relativamente nuevos y por lo tanto no existe suficiente información bibliográfica al respecto, sin embargo, los estudios realizados con la adición de prebióticos en la dieta han mostrado resultados alentadores, debido a que se han reportado ganancias de talla y peso en comparación con dietas convencionales.

2.3.1 Adición de levadura

Castro *et al.* (2011), evaluaron la adición de un probiótico (lactobacilos obtenidos del tracto digestivo del pez ángel *Pterophyllum scalare*) en la dieta del acocil *C. montezumae*. Compararon la talla y el peso contra una dieta control (sin el

probiótico), observando un incremento de talla y peso en los individuos alimentados con la dieta adicionada con probiótico.

Por otra parte, Minh y Fotedar (2010) evaluaron el efecto de la adición del prebiótico manano-oligosacárido (MOS, derivado de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*) a diferentes concentraciones, en la microbiota del intestino y en la histología del mismo en la langosta marrón *Cherax tenuimanus*; observando un aumento considerable en las vellosidades del intestino, lo cual aumenta el área de absorción de alimentos y por lo tanto mejora el crecimiento de éste organismo.

Rengpipat *et al.* (1998), evalúan el crecimiento y la sobrevivencia del camarón *Penaeus monodon* con la adición de la bacteria *Bacillus* S11, obtenida del hábitat de este camarón, en la dieta, observando mayor tasa de sobrevivencia y crecimiento en los tratamientos con la adición de la bacteria en comparación al tratamiento control.

2.3.2 Adición de componentes vegetales

Son muy pocos los estudios sobre la adición de componentes vegetales en la dieta, por ejemplo, Trichet (2010), Nayak (2010) y Jalali *et al.* (2009), mencionan en sus trabajos que los aditivos, sobre todo los de origen vegetal, tienen un efecto a nivel sistema inmunológico en peces y crustáceos, así mismo, mejoran la microbiota intestinal y mejoran la eficiencia de alimentación.

Latournerié *et al.* (2006), evalúan el efecto de la adición de detritus de *Egeria densa* en la dieta del acocil *C. montezumae*, obteniendo un incremento de 10.3 veces el peso de crías y concluyen que tanto *E. densa* como otras plantas abundantes en el hábitat de acociles, pueden ser empleadas para el crecimiento de esta especie.

Una de las especies que es parte de la vegetación riparia donde habitan los acociles es el sauce llorón *Salix babylonica*, la cual Sagar y Glova (2010) encontraron en contenidos estomacales en forma de detritos, principalmente en peces y crustáceos.

Esta especie de sauce ha sido empleada como aditivo en el alimento de ganado ovino para evaluar el efecto en la digestibilidad y en su crecimiento. Salem *et al.* (2011) encontraron mejoras en el crecimiento de corderos asumiendo que los metabolitos secundarios del *S. babylonica* (fenoles, saponinas, lectinas y polipéptidos, principalmente) mejoran los procesos de fermentación en el rumen de los corderos y por lo tanto mejoran la utilización de nutrientes en el crecimiento de estos organismos. Sin embargo, no existen estudios sobre el uso de sauce llorón como aditivo en la dieta de organismos acuícolas por lo que este estudio es un parteaguas para la incorporación del extracto del sauce llorón *S. babylonica* como posible aditivo en la dieta del acocil *C. montezumae*.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio de *Cambarellus montezumae* es importante debido a sus implicaciones socioculturales y económicas; es una especie endémica localizada en toda la cuenca del Valle de México y es considerado un recurso natural con potencial productivo.

Sin embargo, debido al mal manejo que se le ha dado (por ejemplo, la remoción de su hábitat), las poblaciones de esta especie se han visto afectadas. Otros factores que amenazan a las poblaciones de *C. montezumae* son la introducción de especies exóticas como *Cyprinus carpio* y *Oreochromis* para su pesca, la modificación constante de su hábitat natural y la contaminación del mismo.

La producción en laboratorio es un tema nuevo ya que hasta ahora lo que se sabe de esta especie en laboratorio son parámetros básicos para su producción (preferencias de sustrato, temperatura promedio, oxígeno disuelto promedio, pH, etc.), tasas de crecimiento y las posibles proporciones sexuales óptimas para mayor fecundidad.

Sin embargo, a pesar de que los experimentos realizados con la dieta para obtener cultivos de densidades grandes empiezan a lograr mejoras en el crecimiento, aún no se han obtenido soluciones definitivas que planteen una mejora para la explotación comercial de esta especie.

Es por eso que el uso de aditivos como el *Salix babylonica* y *Saccharomyces cerevisiae* en la dieta es una alternativa para mejorar el crecimiento y optimizar la producción con densidades altas de organismos, como se ha visto en otros estudios. Ésta información puede ser vital para implementar soluciones en la producción del acocil *C. montezumae*.

4. OBJETIVO

Evaluar el efecto en el crecimiento del acocil *Cambarellus montezumae* mediante el uso de dos aditivos en su dieta para optimizar su producción.

4.1 Objetivos específicos

- ◇ Evaluar el efecto en el crecimiento con la adición del extracto del sauce *Salix babylonica* en la dieta.
- ◇ Evaluar el efecto en el crecimiento con la adición de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Biocell®) en la dieta.
- ◇ Comparar el crecimiento obtenido entre las dietas con aditivos y el crecimiento obtenido con una dieta control.

5. HIPÓTESIS

Existen diferencias en el crecimiento del acocil, con la incorporación de aditivos en la dieta.

6. METODOLOGÍA

6.1 Colecta.

La colecta de organismos de la especie *Cambarellus montezumae* se llevó a cabo en los cuerpos de agua localizados en El Cerrillo Piedras Blancas, Municipio de Toluca, Estado de México ubicada en la latitud norte 169°42', longitud oeste 99°68' y a una altitud de 2,630 msnm durante el mes de junio del 2015.

Se realizaron varios muestreos aleatorios dentro del cuerpo de agua con un tiempo óptimo de captura de dos a tres horas a partir de las 7 horas de la mañana, y se colectó un total de 630 juveniles tanto hembras como machos usando redes de pesca y redes de cuchara; los individuos colectados fueron colocados en recipientes de plástico con agua de su mismo ambiente para evitar el estrés de los mismos.



Figura 1. Colecta de acociles con redes

Posteriormente fueron transportados en contenedores con suficiente agua y espacio para evitar estrés y mortalidad, hacia las instalaciones del laboratorio de modelos hidráulicos del Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), en donde fueron ubicados en un sistema de recirculación acuícola que consta de 9 tinas de 300 litros de capacidad cada una, un reservorio de agua de 700 litros de capacidad y un filtro de perdigones.



Figura 2. Laboratorio de modelos hidráulicos del CIRA, UAEMex.

Éste último es esencial en el sistema de recirculación debido a que el agua que sale del sistema es enviada a este filtro para ser tratada, primero físicamente mediante la remoción de sólidos por perdigones y posteriormente un tratamiento bioquímico mediante una biopelícula de bacterias que se forman en los perdigones.



Figura 3. Sistema de recirculación

6.2 Condiciones experimentales.

Los acociles fueron aclimatados con agua del sistema durante 10 minutos antes de ser distribuidos en las 9 tinas, cada una con una densidad de 70 individuos (Arredondo *et al.*, 2011); para evitar canibalismo entre ellos debido a su territorialidad, fueron provistos de refugios elaborados con tubos de PVC 1.25 cm de diámetro ($\frac{1}{2}$ ") y 3.5 cm de largo ($1\frac{1}{2}$ ").



Figura 4. Refugios de PVC dentro de las tinas para evitar canibalismo.

Se registraron parámetros fisicoquímicos del agua en las tinas, tales como temperatura, pH, turbidez y oxígeno disuelto diariamente durante todo el experimento (Arredondo *et al.*, 2011; Álvarez y Rangel, 2007; Latournerié *et al.*, 2006; Rodríguez y Carmona, 2002; Pérez *et al.*, 1998); la cantidad de nitritos, nitrógeno amoniacal total y la demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos fueron registrados cada quince días durante el periodo experimental que duró 105 días.

6.3 Diseño experimental

Se determinaron tres grupos experimentales (tratamientos) con tres repeticiones cada uno: el primero consiste en alimento balanceado para camarón de la marca "El pedregal" el cual fue designado como el tratamiento control (TC); el segundo tratamiento consta del alimento balanceado con la adición del 2% de extracto de *S.*

babylónica (TS) y el tercero consiste en el alimento balanceado con la adición del 0.5% de levadura *S. cerevisiae* de la marca *Biocell*[®] (TL). La distribución de los grupos experimentales fue completamente aleatoria.

Los individuos fueron alimentados cada dos días, inicialmente con 15% de la biomasa total respecto al número de individuos presentes en las tinas (lo cual se vio afectado por la mortalidad), y posteriormente con 10% de la biomasa total. Previo a su alimentación se retiraron heces fecales y alimento no consumido para evitar la acumulación de materia orgánica (Arredondo *et al.*, 2011; 2010; Rodríguez *et al.*, 2010).

6.4 Elaboración de los tratamientos

6.4.1 Tratamiento con extracto de sauce llorón (TS)

Para la obtención del extracto de sauce llorón *S. babylonica*, se siguió la técnica propuesta por Salem *et al.* (2011), la cual consiste en coleccionar de forma aleatoria hojas diferentes árboles sanos del sauce llorón. Una vez coleccionadas las hojas (1kg) fueron llevadas al laboratorio, se molieron y fueron mezcladas con 8 litros de agua común.

La mezcla resultante fue calentada en baño maría durante dos horas a 39°C para obtener el extracto del sauce. Ésta fue filtrada con gasas, eliminando todos los sólidos para obtener el líquido que es el que contiene todos los compuestos secundarios presentes en las hojas. Se administró el 2% de extracto del total del alimento empleado mediante aspersores.



Figura 5. Extracto de sauce llorón *Salix babylonica*.

6.4.2 Tratamiento con levadura Biocell (TL)

En cuanto a la adición de la levadura, se empleó el suplemento de la Biocell® el cual contiene un concentrado de células vivas de la especie *S. cerevisiae*, éste será administrado en una proporción de 0.5% del peso total del alimento empleado mediante aspersores; ya que se ha observado que el uso de concentraciones mayores a esta puede tener efectos negativos en la alimentación de los organismos (Minh y Fotedar, 2010). De igual forma que el extracto de sauce, la levadura fue administrada con un aspersor sobre el alimento.



Figura 6. Levadura aplicada con aspersor sobre el alimento

6.5 Parámetros de crecimiento

Se registraron semanalmente el peso y la talla de 15 individuos elegidos aleatoriamente de cada una de las tinas experimentales con ayuda de un vernier digital con resolución de 0.01mm de la marca Control Company y una balanza con resolución de 0.005 onzas de la marca Ohaus. La longitud total (LT) se midió a partir de la punta del acúmen al margen posterior del telson (Álvarez y Rangel, 2007).

El valor obtenido del peso fue transformado a gramos multiplicando dicho valor por 28.35 para obtener una cifra que nos proporcione mayor información al momento de realizar la estadística pertinente, esto debido a que la resolución de la balanza es de 0.1 gramos, por lo que los resultados obtenidos con esta resolución no serían confiables.



Figura 7. Registro de la longitud con vernier digital.

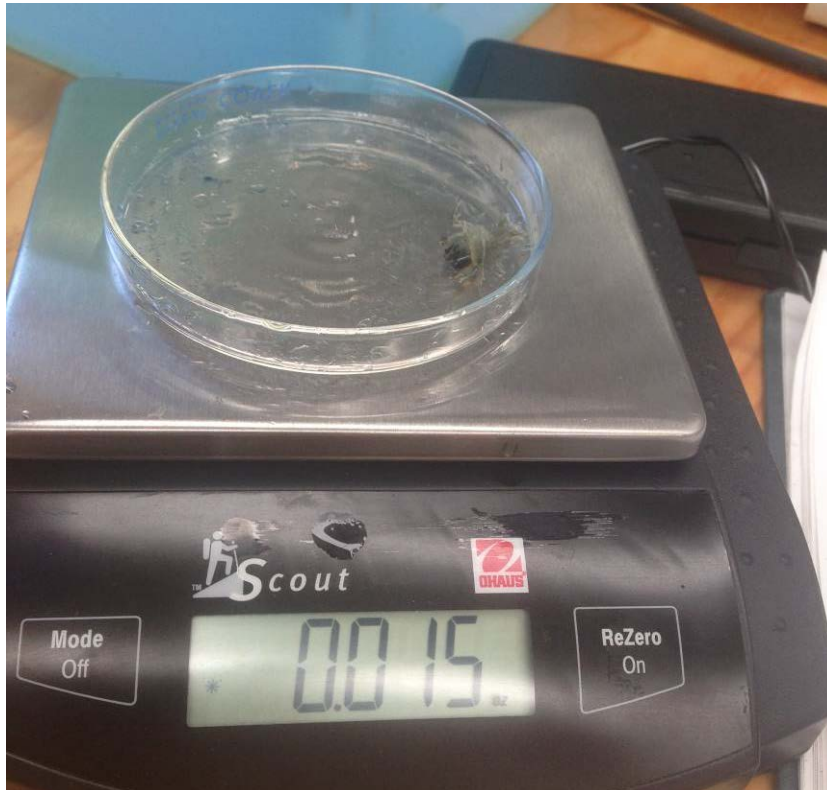


Figura 8. Registro del peso con balanza digital.

Con los valores de talla y peso, de acuerdo con la metodología propuesta por Arredondo *et al.* (2011) se obtuvieron los siguientes parámetros de crecimiento:

- 1) **Incremento periódico absoluto:** donde LF = longitud final; LI = longitud inicial, PF = peso corporal final y PI = peso corporal inicial:

$$IPA_L = LF - LI \text{ ó } IPA_P = PF - PI$$

- 2) **Tasa de crecimiento relativo** (Ricker, 1975):

$$TCR_L = \frac{LF - LI}{LI} \text{ ó } TCR_P = \frac{PF - PI}{PI}$$

- 3) **Tasa instantánea de crecimiento:** donde Ln = logaritmo natural y t = tiempo:

$$TIC = \frac{\ln PF - \ln PI}{t}$$

4) **Tasa específica de crecimiento** (Hernández *et al.*, 2003):

$$TEC = \left(\frac{\ln PF - \ln PI}{t} \right) * 100$$

5) **Factor de conversión alimenticia**: donde BF = biomasa final, BI = biomasa inicial:

$$FCA = \frac{\text{alimento consumido}}{(BF - BI)}$$

6) **Factor de condición corporal**:

$$FCC = \frac{\text{peso}}{(\text{longitud})^3}$$

6.6 Estadística.

Se registraron los datos de peso y longitud, así como los parámetros de crecimiento derivados de los biométricos en una base de datos la cual fue analizada en el programa estadístico Sigma Plot 11.0; en éste programa se encontró que los datos tienen distribución normal, por lo que para comparar los datos entre los tratamientos y sus tres repeticiones se realizó un análisis de varianza.

Se realizó un promedio de las tres repeticiones de cada tratamiento y éstas fueron comparadas entre sí para determinar si existen diferencias estadísticas por medio del análisis de varianza. Para contrastar las diferencias encontradas se realizó el *post hoc* de Tukey.

Aunado a esto, se realizó la relación peso longitud para cada tratamiento mediante la ecuación $Y = Ax^b$ donde el valor de la constante b permite definir el tipo de crecimiento, considerándose como isométrico un valor de $b=3$ y como alométrico cuando tiene un valor diferente (Sánchez *et al.*, 2007)

7. RESULTADOS

7.1 Journal destino



Aquaculture Research

© John Wiley & Sons Ltd



Edited By: Ronald W. Hardy, Lindsay Ross, Shi-Yen Shiau and Marc Verdegem

Impact Factor: 1.606

ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2015: 16/52 (Fisheries)

Online ISSN: 1365-2109

7.2 Confirmación de envío

ARE-OA-16-Oct-778 Aquaculture Research Confirmation of Submission 8 oct.

Research <onbehalfof+AREditorialoffice+wiley.com@manuscriptcentral.com>

de: **Aquaculture Research**<onbehalfof+AREditorialoffice+wiley.com@manuscriptcentral.com>

responder a: AREditorialoffice@wiley.com

para: dannattydread@gmail.com,
iga@uaemex.mx,
asalem70@yahoo.com,
dgarciap@uaemex.mx,
nodongo@gmail.com

fecha: 8 de octubre de 2016, 7:34

asunto: ARE-OA-16-Oct-778 Aquaculture Research Confirmation of Submission

enviado por: manuscriptcentral.com

cifrado: Estándar (TLS) [Más información](#)

08-Oct-2016

Dear Authors,

Thank you for submitting your manuscript "Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and willow (*Salix babylonica*) extract on growth performance of crayfish (*Cambarellus montezumae*; Saussure, 1857)" to Aquaculture Research.

If you have any questions about your submission please contact AREditorialoffice@wiley.com

Please use the manuscript ID in all future correspondence.

If you were unaware of this submission or do not agree with being listed as a co-author for this manuscript please contact the Editorial Office immediately.

Kind regards,

7.3 Artículo

1 Efectos de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y extracto de sauce (*Salix babylonica*)
2 en el desempeño de crecimiento del acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857).

3

4 I. Daniel Salinas Velarde², Daury García-Pulido¹, Abdelfattah Zeidan Mohammed
5 Salem², Iván Gallego-Alarcón¹ y Nicholas E. Odongo³

6 ¹ Centro Interamericano de Recursos del Agua, Universidad Autónoma del estado de
7 México

8 ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del estado de
9 México

10 ³ Department of Animal Sciences, School of Agriculture, Pwani University, P. O. Box
11 195-80108, Kilifi, Kenya

12

13 Corresponsal: I Gallego-Alarcón, Carretera Toluca-Atlacomulco, km 14.5, Toluca Estado
14 de México. Tel/Fax +52/01 (722) 180 61 91/92 ext.121. iga@uaemex.mx

15

16

17

18 RESUMEN

19

20 El efecto de dos aditivos en la dieta fue evaluado en el crecimiento del acocil *Cambarellus*
21 *montezumae*. Se llevó a cabo un experimento con una duración de 105 días para lo que se
22 colectaron acociles juveniles que fueron introducidos a un sistema de recirculación
23 acuícola compuesto por nueve canaletas de 300 L cada una. Se alimentaron cada dos días
24 con tres tratamientos: alimento balanceado para camarón (control, TC), alimento con 0.5
25 % de levadura (TL) y alimento con 2.0 % de extracto del sauce llorón *Salix babylonica*
26 (TS). Cada tratamiento tuvo tres replicas. Los acociles fueron medidos y pesados cada
27 semana para obtener indicadores de crecimiento. Los acociles alimentados con TL
28 presentaron más mudas (16.33 ± 3.05), son más largos (33.68 ± 0.7), tienen mejor factor
29 de conversión alimenticia (0.317 ± 0.099) y presentan mejor relación peso/longitud que
30 los otros tratamientos ($P < 0.001$). Sin embargo, los acociles alimentados con TS
31 presentan mayor biomasa (62.04 ± 2.9), factor de condición corporal ($3.0212e-05 \pm$
32 $2.1554e-06$) y menor mortalidad (66.3 ± 0.57).

33 Palabras clave: acocil (*Cambarellus montezumae*), dieta, levadura (*Saccharomyses*
34 *cerevisiae*), sauce (*Salix babylonica*), crecimiento.

35

36 INTRODUCCIÓN

37

38 El cultivo de crustáceos dulceacuícolas, en comparación al de crustáceos marinos, está en
39 vías de desarrollo por lo que la demanda para su consumo es menor, y a pesar de su
40 abundancia, menos de una docena son producidos en cautiverio en todo el mundo y por

41 lo tanto existe muy poca información biológica de la mayoría de estas especies
42 (Hernández y Pérez, 2012; Rodríguez *et al.*, 2010; Huner y Gaudé, 2001).

43 El éxito de una industria acuícola, se basa entre otros, en la selección de la especie
44 con características apropiadas para su uso comercial (Hernández y Pérez, 2012; Rojas,
45 1998; Sánchez-Saavedra *et al.*, 1993). En este contexto, *Cambarellus montezumae*, que
46 es una especie endémica del altiplano mexicano, presenta un alto potencial para su uso en
47 la acuicultura debido a sus características biológicas como fácil adaptación a condiciones
48 de cautiverio, resistencia a enfermedades, tolerancia a diferentes dietas y su corto ciclo
49 de vida (Hernández y Pérez, 2012). Las investigaciones que se han realizado con *C.*
50 *montezumae* son principalmente sobre la dieta, sin embargo, son escasas y por lo tanto
51 aún no se han alcanzado soluciones que resuelvan los problemas planteados por la
52 explotación comercial (Castro *et al.*, 2011; Minh y Fotedar, 2010; Castro *et al.*, 2003).

53 Uno de los aspectos que deben considerarse para asegurar el éxito en la producción
54 de crustáceos es la nutrición, ya que se ha observado en estudios anteriores sobre alimento
55 balanceado, ésta carece de nutrientes que los organismos requieren y que se encuentran
56 en su ambiente natural para un crecimiento óptimo (Castro *et al.*, 2011). Por lo cual, el
57 uso de aditivos en el alimento puede ser una forma para sustituir dichos nutrientes
58 (Castro *et al.*, 2011; Latournerié *et al.*, 2006; Günther y Jiménez, 2004).

59 Estudios recientes han evaluado el crecimiento con el uso de levadura como
60 probiótico y de componentes de origen vegetal como prebiótico encontrando resultados
61 favorables. Castro *et al.* (2011), evaluaron el efecto en el crecimiento con la adición de
62 un lactobacilo obtenido del tracto digestivo del pez ángel *Pterophyllum scalare*, en la
63 dieta del acocil *C. montezumae*; observando un incremento de talla y peso en los

64 individuos alimentados con la dieta adicionada con el probiótico, comparados con los
65 alimentados con una dieta sin el probiótico.

66 Minh y Fotedar (2010) evaluaron el efecto de la adición del prebiótico manano-
67 oligosacárido (MOS, derivado de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*) a diferentes
68 concentraciones, en la microbiota del intestino y en la histología del mismo en la langosta
69 marrón *Cherax tenuimanus*, observando un aumento considerable en las vellosidades del
70 intestino, lo cual aumenta el área de absorción de alimentos y por lo tanto mejora el
71 crecimiento de éste organismo.

72 Por otra parte, se ha visto que, en otras especies para la producción acuícola, el
73 alimento adicionado con componentes vegetales, también muestra una mejora en los
74 estudios de crecimiento. Por ejemplo, Latournerié *et al.* (2006) adicionaron detritus de
75 *Egeria densa* en la dieta, obteniendo un incremento de 10.3 veces el peso de crías de
76 acocil *C. montezumae*, y concluyen que tanto *E. densa* como otras plantas abundantes en
77 el hábitat de acociles, pueden ser empleadas para el crecimiento de esta especie.

78 Una de las especies que es parte de la vegetación riparia donde habitan los acociles
79 es el sauce llorón *Salix babylonica*, la cual Sagar y Glova (2010) encontraron en
80 contenidos estomacales en forma de detritos, principalmente en peces y crustáceos. Esta
81 especie de sauce ha sido empleada como aditivo en el alimento de ganado ovino para
82 evaluar el efecto en la digestibilidad y en su crecimiento. Salem *et al.* (2011) encontraron
83 mejoras en el crecimiento de corderos asumiendo que los metabolitos secundarios del *S.*
84 *babylonica* (fenoles, saponinas, lectinas y polipéptidos, principalmente) mejoran los
85 procesos de fermentación en el rumen de los corderos y por lo tanto mejoran la utilización
86 de nutrientes en el crecimiento de estos organismos.

87 Sin embargo, no existen estudios sobre el uso de sauce llorón como aditivo en la
88 dieta de organismos acuícolas. No obstante, Trichet (2010), Nayak (2010) y Jalali *et al.*
89 (2009) mencionan en sus trabajos que los aditivos, sobre todo los de origen vegetal, tienen
90 un efecto a nivel sistema inmunológico en peces y crustáceos, así mismo, mejoran la
91 microbiota intestinal y mejoran la eficiencia de alimentación.

92 El estudio de *C. montezumae* es importante debido a sus implicaciones
93 socioculturales y económicas; su producción en laboratorio es un tema nuevo por lo que
94 aún no se han obtenido soluciones definitivas que planteen una mejora para la explotación
95 comercial de esta especie. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento con el
96 uso de aditivos en la dieta del acocil *C. montezumae* para mejorar su producción en
97 laboratorio.

98

99 MATERIALES Y MÉTODOS

100

101 Se colectaron 630 individuos juveniles en un bordo localizado en El Cerrillo Piedras
102 Blancas, Municipio de Toluca, Estado de México ubicada en la latitud norte 169° 42',
103 longitud oeste 99° 68' a una altitud de 2,630 msnm durante el mes de junio.

104 Los acociles fueron colocados en recipientes de plástico con agua del mismo
105 medio y fueron trasladados al laboratorio humedo de Ingeniería Acuícola del Centro
106 Interamericano de Recursos del Agua de la Universidad Autónoma del Estado de México.
107 Los acociles fueron distribuidos en 9 tinas de 300 litros de capacidad (70 individuos por
108 tina), conectadas a un sistema de recirculación acuícola. Para evitar conductas agonísticas
109 y canibalismo, fueron provistos de refugios elaborados con tubos de PVC de 1.25 cm de
110 diámetro (½") y 3.5 cm de largo (1 ½").

111 Elaboración de tratamientos

112 Se determinaron tres grupos experimentales (tratamientos) con tres repeticiones cada uno:
113 el primero consiste en acociles alimentados con una dieta balanceada para camarón con
114 una granulometría de 0.6 mm de la marca “El pedregal” el cual fue designado como el
115 tratamiento control (TC); el segundo tratamiento con dieta balanceada más la adición del
116 2.0 % de extracto de *S. babylonica* (TS) y el tercero con dieta balanceada más 0.5% de
117 levadura *S. cerevisiae* de la marca Biocell® (TL).

118 Para obtener el extracto de sauce se siguió la metodología propuesta por Salem *et*
119 *al.* (2011), el extracto fue distribuido en el alimento por medio de un aspersor a una
120 concentración del 2% del total del alimento que se administrará en el experimento. De
121 igual forma, la levadura se diluyó y se administró mediante un aspersor a una
122 concentración del 0.5% del alimento que se administrará en el experimento.

123 La distribución de los grupos experimentales fue completamente aleatoria. Los
124 individuos fueron alimentados cada dos días, inicialmente con 15% de la biomasa total
125 respecto al número de individuos presentes en las tinas (lo cual se vio afectado por la
126 mortalidad), y posteriormente con 10% de la biomasa total. Previo a su alimentación se
127 retiraron heces fecales y alimento no consumido para evitar la acumulación de materia
128 orgánica.

129 Semanalmente se midió el peso y la longitud de 15 individuos elegidos
130 aleatoriamente de cada una de las tinas experimentales para obtener los siguientes
131 indicadores de crecimiento:

132

133 **Incremento periódico absoluto para longitud (IPA_L) y peso (IPA_P):**

134 **$IPA_L = LF - LI$ y $IPA_P = PF - PI$**

135 Donde **LF** = longitud final; **LI** =longitud inicial, **PF** = peso corporal final y **PI** = peso
136 corporal inicial.

137 **Tasa de crecimiento relativo para longitud (TCR_L) y peso (TCR_P):**

$$138 \quad TCR_L = \frac{LF-LI}{LI} \text{ ó } TCR_P = \frac{PF-PI}{PI}$$

139 **Tasa instantánea de crecimiento:**

$$140 \quad TIC = \frac{\ln PF - \ln PI}{t}$$

141 Donde **Ln** = logaritmo natural y **t** = tiempo

142 **Tasa específica de crecimiento:**

$$143 \quad TEC = \left(\frac{\ln PF - \ln PI}{t} \right) * 100$$

144 **Factor de conversión alimenticia:**

$$145 \quad FCA = \frac{\text{alimento consumido}}{(BF-BI)}$$

146 Donde **BF** = biomasa final, **BI** = biomasa inicial

147 **Factor de condición corporal:**

$$148 \quad FCC = \frac{\text{peso}}{(\text{longitud})^3}$$

149

150 Se registraron los datos de peso y longitud, así como los parámetros de
151 crecimiento derivados de los biométricos los cuales fueron analizados estadísticamente
152 con en el programa Sigma Plot 11.0; en éste programa se encontró que los datos tienen
153 distribución normal, por lo que para comparar los datos entre los tratamientos y sus tres
154 repeticiones se realizó un análisis de varianza.

155

156 Para contrastar las diferencias encontradas se realizó el post hoc de Tukey.
157 Aunado a esto, se realizó la relación peso longitud para cada tratamiento mediante la

158 ecuación $Y = Ax^b$ donde el valor de la constante b permite definir el tipo de crecimiento,
159 considerándose como isométrico un valor de $b=3$ y como alométrico cuando tiene un
160 valor diferente (Sánchez *et al.*, 2007).

161

162 RESULTADOS

163

164 Al inicio del experimento el número de organismos, el peso y la longitud no presentaron
165 diferencias significativas ($P > 0.005$); sin embargo, la biomasa resultó ser diferente ($P <$
166 0.001), siendo mayor la del TS que la del TL y TC, éstas últimas no mostraron diferencias
167 significativas entre sí (Tabla 1). En el día experimental 84 (Tabla 2) se pueden observar
168 diferencias significativas en el peso ($P < 0.001$), en donde éste es mayor en los acociles
169 alimentados con TL (0.857 ± 0.734 g), seguido por TS (0.797 ± 0.0426 g) y TC ($0.765 \pm$
170 0.124 g), sin diferencia estadística entre estos dos. En el día 105 del experimento los
171 valores del peso no muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.005$,
172 Tabla 3).

173 Para el día 84 (Tabla 2), se observan diferencias significativas en la longitud entre
174 los tratamientos ($P < 0.001$), siendo mayor la de los acociles alimentados con TL (32.158
175 ± 0.52 mm) que los alimentados con TC (31.57 ± 1.957 mm) y TS (31.404 ± 0.113 mm).
176 Al final del experimento (Tabla 3), la longitud presentó diferencias significativas entre
177 los tratamientos ($P < 0.001$), siendo mayor en el TL (33.680 ± 0.707 mm) respecto al TC
178 (32.766 ± 1.219 mm) y al TS (31.418 ± 0.816 mm).

179 El número de mudas también presentó diferencias significativas ($P < 0.001$) al
180 final del experimento (Tabla 3), las cuales fueron abundantes en el TL (16.333 ± 3.055
181 mudas), respecto al TC (14.667 ± 2.517 mudas) y al TS (12.667 ± 4.933 mudas).

182 La sobrevivencia en número de individuos fue mayor ($P < 0.001$) en el TS (66.333
183 ± 0.577 individuos) que en el TC (64.667 ± 2.082 individuos) y que el TL (62.667 ± 3.215
184 individuos). La biomasa también presentó diferencias estadísticas ($P < 0001$), siendo
185 mayor (sin diferencias entre ellos) en los tratamientos TS (62.046 ± 2.987 g) Y TC
186 (61.387 ± 5.165 g), que en TL (59.847 ± 4.055 g). En el caso de los indicadores, el IPAL
187 ($P < 0.001$), mostró diferencias significativas al final del experimento, ya que se encontró
188 que fueron mayores (sin diferencia significativa entre ellos), los tratamientos TL (6.595
189 ± 1.707 mm) y TC (5.670 ± 2.783 mm) en comparación con TS (4.137 ± 3.676 mm).

190 El TCR_L también presentó diferencias ($P = 0.004$), ya que éste indicador fue
191 mayor en TL (0.247 ± 0.083) que en TC (0.214 ± 0.116) y que TS (0.163 ± 0.149 , Tabla
192 3). Por otra parte, el FCA también mostró ser diferente entre tratamientos ($P < 0.001$),
193 siendo mayor en el TS (0.572 ± 0.569), que TC (0.319 ± 0.168) y TL (0.317 ± 0.099), sin
194 diferencias entre éstos dos últimos. El FCC mostró diferencias significativas ($P < 0.001$),
195 ya que éste fue mayor en el TS ($3.0212e-05 \pm 2.1554e-06$) que en TC ($2.6969e-05 \pm$
196 $2.0977e-07$) y TL ($2.5016e-05 \pm 1.3381e-06$).

197 En la relación longitud/peso, se encontró que el modelo que mejor se ajusta es el
198 potencial. Se encontró que para TC la ecuación fue $y = 32.935x^{0.2363}$, $R^2 = 0.6908$, para
199 el TL fue $y = 33.5x^{0.3039}$, $R^2 = 0.7747$, y para TS fue $y = 33.211x^{0.2797}$, $R^2 = 0.7589$ (Figuras
200 1, 2 y 3).

201

202

203

204

205

206 DISCUSIONES

207

208 El acocil de la especie *Cambarellus montezumae*, es un crustáceo de hábitos omnívoros,
209 alimentándose principalmente de detritos. Ésta característica es la que le permite a la
210 especie adaptarse a una dieta balanceada a base de camarón, como es el caso de este
211 estudio y los realizados por Arredondo (2011).

212 Respecto al número de organismos, encontramos que al final del experimento,
213 éste fue mayor en los acociles alimentados con TS, seguido por TC y por TL, esto se
214 traduce en una baja tasa de mortalidad, lo cual también es observado por Trichet (2010),
215 Nayak (2010) y Jalali *et al.* (2009) en sus estudios, ya que demuestran que la mortalidad
216 de los individuos se ve disminuida ya que aumenta la inmunidad, mejora la microbiota
217 intestinal y mejora la eficiencia de la alimentación. Aunado a esto sugerimos que los
218 metabolitos secundarios derivados del sauce llorón descritos por Salem *et al* (2011),
219 mejoran el sistema inmune de los acociles alimentados con TS. Los resultados de la
220 sobrevivencia tuvieron efecto en la biomasa, la cual también resultó ser mayor en TS
221 respecto al TC y al TL.

222 Un aspecto importante que determina el crecimiento de los crustáceos es el
223 proceso de muda o ecdisis. En este estudio encontramos que, tanto para el día 84 como
224 para el día 105 experimental, el número de mudas fue mayor en TL, seguido TC y el
225 menor fue TS; lo cual indica que TL promueve el proceso de muda de manera más
226 efectiva que TC y TS.

227 Este valor de número de mudas en TL se vio reflejado en el peso y la longitud de
228 los acociles ya que, en el día 84 éstos fueron mayores en TL que en TC y TS. Pasando

229 este día, y hasta el día 105 experimental, solamente la longitud, el IPA_L y la TCR_L
230 presentan valores altos con el TL respecto a los demás tratamientos.

231 Estos valores también pueden ser observados en estudios realizados en la langosta
232 *C. tenuimanus* (Minh y Fotedar, 2010) y en el salmón *Salmo salar* L. (Dimitroglo *et al.*,
233 2011) en donde el crecimiento fue mayor en los individuos que fueron alimentados con
234 alimento enriquecido con levadura, el cual se da por el aumento de microvellosidades en
235 el intestino, lo cual resulta en un aumento de la superficie para la absorción de nutrimentos
236 y, por lo tanto, el crecimiento (Minh y Fotedar, 2010).

237 Por otra parte, en un estudio de crecimiento de *Atya margaritacea* realizado por
238 Sánchez *et al.* (2007) mencionan que los individuos de esta especie, al llegar a la etapa
239 reproductiva el crecimiento es menor, destinando la mayor parte de sus recursos
240 energéticos a la reproducción. El peso no presentó diferencias en el día 105 con los tres
241 tratamientos, debido a que los acociles entraron en fase reproductiva, lo cual pudo ser
242 observado por los múltiples apareamientos y la presencia de huevos en los pleópodos de
243 las hembras.

244 Casas *et al.* (2006) mencionan que entre menor sea el valor del FCA con
245 determinada dieta, es mejor para la producción de la especie en cuestión, ya que este valor
246 indica la cantidad de alimento que consume un organismo para transformarlo en un
247 kilogramo de carne. Los tres tratamientos presentan ventajas para la producción de
248 acociles ya que los valores obtenidos fueron menores a 0.6 en el día 105, los cuales son
249 menores a los reportados en otros estudios, para *C. montezumae*, 1.06 a 1.15 (Arredondo
250 *et al.*, 2010) y para otras especies como *P. llamas*, 1.9 (Rodríguez-Serna *et al.*, 2000).

251 Aunado a esto, Nicovita (1997), menciona en un boletín sobre la producción de
252 camarón, que el valor del FCA es óptimo cuando va de 0.6-1.0 en camarones de hasta 10
253 gramos de peso y entre 1.0 y 1.3 para tallas mayores; idealmente sin ser mayor de 1.5.

254 Por otra parte, los valores del FCA en los tratamientos TC y TL fueron menores a
255 TS debido a que éste parámetro depende de la densidad de individuos la cual, fue menor
256 en éstos tratamientos.

257 García y Cerezo (s.f) mencionan que el FCC puede indicar el estado nutritivo de
258 los organismos y, en cultivo, es útil para comparar y cuantificar numéricamente la
259 condición o estado en que el pez se encuentra, pudiendo asociarse a una valoración de la
260 textura o estado de delgadez o gordura; en este contexto, en el día 105, los acociles
261 alimentados con TS presentan un buen estado de salud ya que presentan un valor más alto
262 de FCC respecto a TC y TL.

263

264 Sánchez *et al.* (2011) en su estudio encuentra que el crecimiento del camarón *A.*
265 *magaritacea* es de tipo alométrico de acuerdo con el valor de la constante b; en este
266 estudio encontramos que el valor de b para los tres tratamientos fue inferior a 3, por lo
267 que el crecimiento es de tipo alométrico negativo, éste crecimiento se asocia a que los
268 individuos de mayor talla son más elongados que los pequeños (Cifuentes *et al.*, 2012).

269

270 CONCLUSIÓN

271

272 Los aditivos empleados en este estudio, resultaron benéficos, ya que, al adicionar la
273 levadura, mejoraron el peso, la longitud, la biomasa, el IPAL, la TCR_L y hubo mayor
274 número de mudas en comparación al tratamiento control. Por otra parte, el extracto de

275 sauce también presentó mejoras en la sobrevivencia (medida en número de organismos),
276 en la biomasa, en el FCA y en el FCC en comparación al tratamiento control.

277 El uso del extracto de *S. babylonica* en la dieta del acocil es eficiente en la
278 producción de acociles para tener menor mortalidad y por lo tanto mayor biomasa y factor
279 de crecimiento óptimo. El uso de levadura en la dieta permite que el crecimiento de
280 acociles juveniles sea mayor empleando menor cantidad de alimento por lo que en
281 términos de producción es mejor, que el uso del extracto de sauce. Son necesarios más
282 estudios para corroborar cuál de los dos aditivos es mejor en etapas adultas y de crías, ya
283 que este estudio solo se enfoca en la fase juvenil.

284 Los resultados sugieren la combinación de levadura y sauce llorón para
285 complementar los beneficios de ambos, en futuros estudios sobre el crecimiento o en su
286 producción a mediana/gran escala.

287

288 AGRADECIMIENTOS

289

290 Al posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad
291 Autónoma del Estado de México, al Centro Interamericano de Recursos del Agua y al
292 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

293

294 REFERENCIAS

295

- 296 1. Álvarez, F. A. y R. Rangel. (2007). Estudio poblacional del acocil *Cambarellus*
297 *montezumae* (Crustácea: Decápoda: Cambaridae) en Xochimilco, México.
298 *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78: 431-437.

- 299 2. Arredondo, J., Vásquez, A., Barriga, I., Carmona, C., Rodríguez, M. (2010).
300 Effect of Density on Growth and Feeding of the Crayfish *Cambarellus*
301 *montezumae* (Saussure, 1857). Journal of Applied Aquaculture. 22: 66–73.
- 302 3. Arredondo, J., Vásquez, A., Núñez, L., Barriga, I., Ponce-Palafox, J. (2011).
303 Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus* (*Cambarellus*) *montezumae*
304 (Crustacea: Decápoda: Cambaridae) en condiciones controladas. Revista
305 Mexicana de Biodiversidad. 82: 169-178.
- 306 4. Arreguín. F. (1981). Diagnósis de la pesquería de camarón de roca (*Sicyonia*
307 *brevirostris* Stimpson, 1871) de Contoy, Q. Roo, México. Ciencia Pesquera 1(2):
308 21-41.
- 309 5. Casas, M., Portillo, G., Aguila, N., Rodríguez, S., Sánchez, I., Carrillo, S. (2006).
310 Efecto del alga marina *Sargassum* spp. sobre las variables productivas y la
311 concentración de colesterol en el camarón café, *Farfantepenaeus californiensis*
312 (Holmes, 1900). Revista de Biología Marina y Oceanografía. 41(1): 97–105.
- 313 6. Castro, B.T., De Lara, A.R., Castro, M.G., Castro, M.J., Malpica, S.A. (2003).
314 Alimento vivo en la acuicultura. Contactos. 48: 17-33.
- 315 7. Castro, M.J., Castro, M.G., Alcántara, M.N., Pacheco, G.V., Rodríguez, E.E.
316 (2011). Comparison of weight increase in *Cambarellus montezumae* (Saussure,
317 1857) fed with a diet enriched with probiotic. E-BIOS. 1 (1): 20-26.
- 318 8. Cifuentes, R., González J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P., Habit, E.
319 (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río
320 San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). Gayana Especial. 101-110
- 321 9. Cortés, J., Villareal, C., Rendón R. (2004). Efecto de la frecuencia alimenticia en
322 el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax*

- 323 *quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decapoda:Parastacidae). *Hidrobiológica*.
324 13(002): 151-158.
- 325 10. Dimitroglou A., Reynolds, P., Ravnoy, B., Johnsen, F., Sweetman, J., Johansen,
326 J., and Davies, S. (2011). The Effect of Mannan Oligosaccharide Supplementation
327 on Atlantic Salmon Smolts (*Salmo salar* L.) Fed Diets with High Levels of Plant
328 Proteins. *J Aquac Res Development*.
- 329 11. Gatesoupe, F. J. (2000). Uso de probióticos en acuicultura. *Aquaculture* 180: 147-
330 165.
- 331 12. Glova, G., Sagar, P. (1994). Comparison of fish and macroinvertebrate standing
332 stocks in relation to riparian willows (*Salix spp.*) in three New Zealand streams.
333 *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 28 (3): 255-266.
- 334 13. Guillaume, J., P. Kaushik, P. Bergot y R. Metailier. (2004). Nutrición y
335 alimentación de peces y crustáceos. Mundi-Prensa, Madrid/Barcelona/ México,
336 D.F. 471 p.
- 337 14. Günther, J., Jiménez, R. 2004. Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el
338 crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y langostino
339 (*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. *Revista de biología tropical*. 52 (4):
340 937-943.
- 341 15. Hernández-Vergara, M., Pérez-Rostro, C. (2012). Advances in Domestication and
342 Culture Techniques for Crayfish *Procambarus acanthophorus*. *Aquaculture*. 217-
343 240.
- 344 16. Hobbs, H., Jass, J., Huner. J. (1989). A review of global crayfish introductions
345 with particular emphasis on two North American Species (Decapoda,
346 Cambaridae). *Crustaceana*, 56 (3), 299-316.

- 347 17. Holdich, D.M. (1993). A review of astaciculture freshwater crayfish farming.
348 Aquatic Living Resources. 6 (4): 307-317.
- 349 18. Huner, J.V., Gaudé III., A.P. (2001). Hatcheries for red swamp crawfish. Crawfish
350 Tales. 8 (1): 23-25.
- 351 19. Jalali MA, E Ahmadifar, M Sudagar & G Azari Takami. 2009. Growth efficiency,
352 body composition, survival and haematological changes in great sturgeon (*Huso*
353 Linnaeus, 1758) juveniles fed diets supplemented with different levels of Ergosan.
354 Aquaculture Research 40: 804-809.
- 355 20. Jones, P., Chavez, J., Mitchell, B. (2002). Production of Australian freshwater
356 crayfish in earthen-based systems using pelleted diets and forage crops as food.
357 Aquaculture International 10: 157-175
- 358 21. Latournerié, C.J.R., Nacif, O.Y., Cárdenas, R.J., Romero, J.J. (2006).
359 Crecimiento, Producción y Eficiencia de Energía de Crías de Acocil *Cambarellus*
360 *montezumae* (Saussure) Alimentas con Detritus de *Energía densa* EDVET.
361 Revista electrónica de veterinaria. 7 (12): 1-11.
- 362 22. Moctezuma, M. A. (1996). Bases biológicas y técnicas para el cultivo del acocil
363 *Cambarellus montezumae*. Tesis, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de
364 Colima, Colima. 85 p.
- 365 23. Minh, H., Fotedar, R. (2010). Prebiotic Mannan Oligosaccharide Diet Improves
366 Health Status of the Digestive System of Marron, *Cherax tenuimanus* (Smith
367 1912), Journal of Applied Aquaculture, 22:3, 240-250.
- 368 24. Nayak SK. 2010. Role of gastrointestinal microbiota in fish. Aquaculture
369 Research 41: 1553-1573.

- 370 25. Pérez-Rodríguez, R. A., A. Malpica-Sánchez y F. Arana-Magallón. (1998).
371 Cambáridos de tres embalses del Estado de Tlaxcala, México (Crustacea:
372 Decapoda). Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 48: 1-13.
- 373 26. Peso, P., Frontela, C., González, C., Ros, G., Martínez, C. (2012). Polisacáridos
374 de algas como ingredientes funcionales en acuicultura marina: alginato,
375 carragenato y ulvano. Revista de Biología Marina y Oceanografía. 47 (3): 373-
376 381.
- 377 27. Rengpipat, P., Phianphak W., Piyatiratitivorakul, S., Menasveta, P. (1998).
378 Effects of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival
379 and growth. Aquaculture. 167: 301-313.
- 380 28. Rodriguez M., Carmona C., y Arredondo J. (2010). Growth of Juvenile Crayfish
381 *Procambarus llamasii* (Villalobos 1955) Fed Different Farm and Aquaculture
382 Commercial Foods. Journal of Applied Aquaculture. 22:2, 140-148,
- 383 29. Sánchez, P., Romero, J., Negrete, P., López, R., Malpica, A. (2009).
384 Aprovechamiento de los ambientes reducidos para la producción de organismos
385 acuáticos susceptibles a cultivo, para el consumo humano. Vet. Méx. 40(1):55-
386 67.
- 387 30. Sagar, P., Glova, J. (2010). Prey availability and diet of juvenile brown trout
388 (*Salmo trutta*) in relation to riparian willows (*Salix*-spp.) in three New Zealand
389 streams. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 29: 527-237.
- 390 31. Salem, A., Olivares, M., López, S., González, M., Rojo, R., Camacho, L., Cerrillo,
391 S., Mejía, H. (2011). Effect of natural extracts of *Salix babylonica* and *Leucaena*
392 *leucocephala* on nutrient digestibility and growth performance of lambs. Animal
393 Feed Science and Technology. 170: 27-34.

- 394 32. Sánchez-Saavedra, M., Re-Araujo, A., Voltolina, D. (1993). Tasa de crecimiento
395 y contenido estomacal en una población natural de *Procambarus clarkii*
396 (Crustacea: Cambaridae) de Baja California, México. *Revista Biológica Tropical*.
397 41(3): 591-597.
- 398 33. Saoud, I., Garza de Yta, A., Ghanawi, J. (2012). A review of nutritional biology
399 and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von
400 Martens, 1868). *Aquaculture Nutrition*. 18: 349-368.
- 401 34. Trichet VV. 2010. Nutrition and immunity: an update. *Aquaculture Research* 41:
402 356-372.
- 403 35. Valipour, A., Ozorio, R., Shariatmadari, F., Abedian, A., Seyfabadi, J.,
404 Zahmatkesh, A. (2012). Effects of Dietary Lipid Levels on Growth, Survival, and
405 Molting of Yearling Narrow Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus*. *Journal of*
406 *Applied Aquaculture*. 24: 316–325.
- 407 36. Xu, WN., Liu, WB., Shen, MF., Li, GF., Wang, Y., Zhang, WW. (2013). Effect
408 of different dietary protein and lipid levels on growth performance, body
409 composition of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquaculture*
410 *Int*. 21: 687-697.
- 411
- 412
- 413
- 414
- 415
- 416
- 417

418 TABLAS

419

420 Tabla 1. Biométrico inicial (día 0). Se muestran los valores de la media obtenidos de las
 421 repeticiones de cada tratamiento y su valor de *P* para el análisis de varianza (\pm desviación
 422 estándar) *diferencias significativas, las literales representan el post hoc de Tukey.

Tratamiento	Control	Levadura	Sáliz	P
Numero de organismos	70	70	70	1
Peso (gr)	0.545 \pm 0.106	0.572 \pm 0.116	0.589 \pm 0.195	0.348
Longitud (mm)	27.096 \pm 1.602	27.085 \pm 1.972	27.280 \pm 2.982	0.9
Biomasa (gr)	38.146 \pm 7.441 ^b	40.026 \pm 8.116 ^b	42.555 \pm 13.582 ^a	<0.001*

423

424

425

426 Tabla 2. Biométrico día 84. Se muestran los valores de la media obtenidos de las
 427 repeticiones de cada tratamiento y su valor de *P* para el análisis de varianza (\pm desviación
 428 estándar) *diferencias significativas, las literales representan el post hoc de Tukey.

Tratamiento	Control	Levadura	Sáliz	P
Mudas	3 \pm 3 ^b	4 \pm 3 ^a	2.667 \pm 2.309 ^b	<0.001*
Numero de organismos	65.33 \pm 2.309 ^b	63.667 \pm 4.163 ^c	66.667 \pm 1.155 ^a	<0.001*
Peso (gr)	0.765 \pm 0.124 ^b	0.857 \pm 0.734 ^a	0.797 \pm 0.0426 ^b	<0.001*
Longitud (mm)	31.57 \pm 1.957 ^b	32.158 \pm 0.52 ^a	31.404 \pm 0.113 ^b	<0.001*
Biomasa (gr)	49.984 \pm 7.891 ^c	54.445 \pm 4.269 ^a	52.599 \pm 2.812 ^b	<0.001*
IPAP (gr)	0.221 \pm 0.195	0.285 \pm 0.154	0.208 \pm 0.184	0.094
IPAL (mm)	4.474 \pm 2.962	5.072 \pm 2.474	4.123 \pm 3.02	0.277
TCRP (gr)	0.454 \pm 0.46	0.549 \pm 0.41	0.448 \pm 0.431	0.465
TCRL (mm)	0.169 \pm 0.121	0.193 \pm 0.11	0.16 \pm 0.127	0.418
TIC (gr)	0.0044 \pm 0.003	0.005 \pm 0.003	0.0043 \pm 0.004	0.364
TEC (gr)	0.446 \pm 0.388	0.54 \pm 0.325	0.439 \pm 0.408	0.364
FCA	0.715 \pm 0.461 ^a	0.428 \pm 0.162 ^b	- 0.317 \pm 1.161 ^c	<0.001*
FCC (gr/mm ³)	2.242e-05 \pm 9.57e-07 ^b	2.57e-05 \pm 1.22e-06 ^a	2.57e-05 \pm 1.18e-06 ^a	<0.001*

429

430

431

432

433

434

435

436

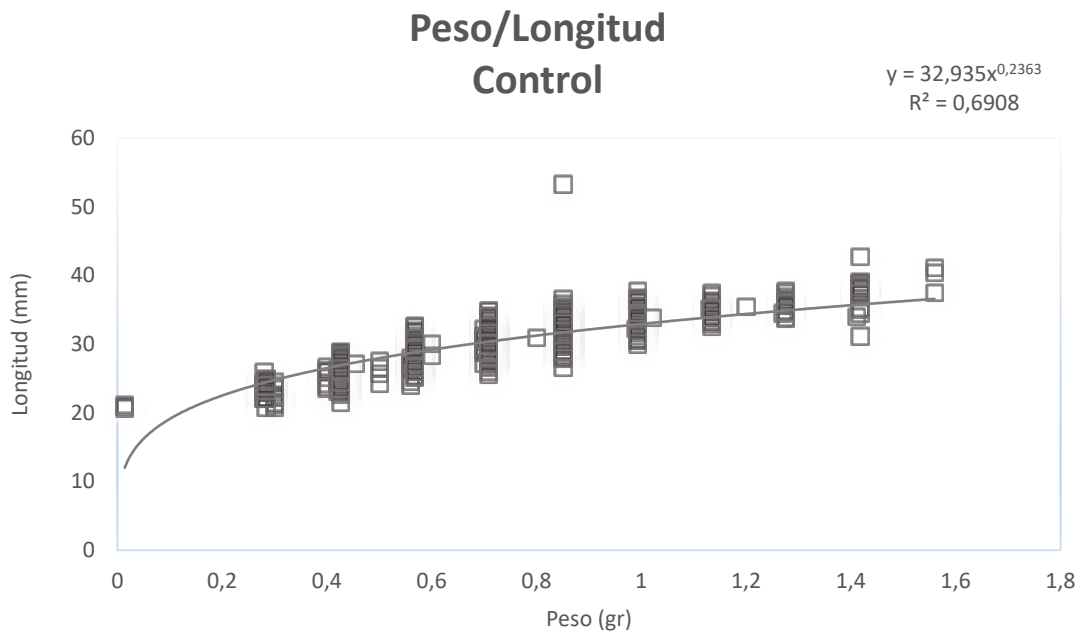
437

438

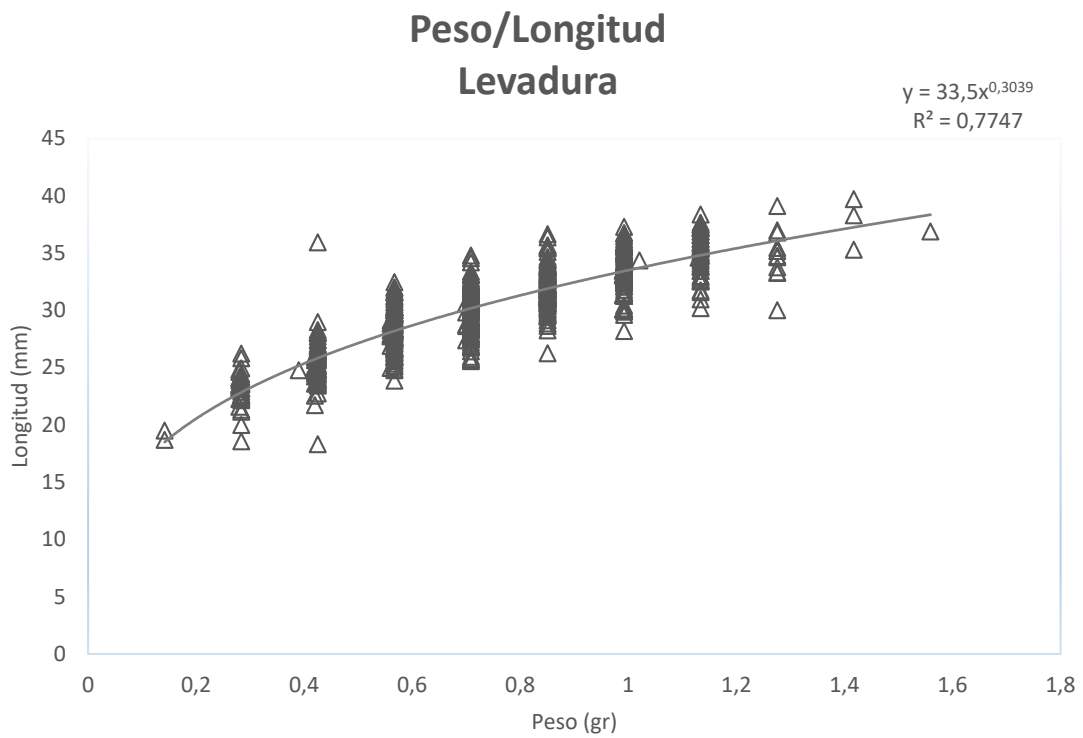
439 Tabla 3. Biométrico final (día 105). Se muestran los valores de la media obtenidos de las
 440 repeticiones de cada tratamiento y su valor de *P* para el análisis de varianza (\pm desviación
 441 estándar) *diferencias significativas, las literales representan el post hoc de Tukey).

Tratamiento	Control	Levadura	Sáliz	P
Mudas	14.667 \pm 2.517 ^b	16.333 \pm 3.055 ^a	12.667 \pm 4.933 ^c	<0.001*
Numero de organismos	64.667 \pm 2.082 ^b	62.667 \pm 3.215 ^c	66.333 \pm 0.577 ^a	<0.001*
Peso (gr)	0.951 \pm 0.106	0.954 \pm 0.016	0.936 \pm 0.05	0.376
Longitud (mm)	32.766 \pm 1.219 ^b	33.680 \pm 0.707 ^a	31.418 \pm 0.816 ^c	<0.001*
Biomasa (gr)	61.387 \pm 5.165 ^a	59.847 \pm 4.055 ^c	62.046 \pm 2.987 ^a	<0.001*
IPAP (gr)	0.406 \pm 0.208	0.383 \pm 0.102	0.347 \pm 0.196	0.268
IPAL (mm)	5.670 \pm 2.783 ^a	6.595 \pm 1.707 ^a	4.137 \pm 3.676 ^b	<0.001*
TCRP (gr)	0.812 \pm 0.528	0.714 \pm 0.33	0.704 \pm 0.528	0.488
TCRL (mm)	0.214 \pm 0.116 ^{ab}	0.247 \pm 0.083 ^a	0.163 \pm 0.149 ^b	0.004*
TIC (gr)	0.005 \pm 0.003	0.005 \pm 0.002	0.005 \pm 0.003	0.523
TEC (gr)	0.539 \pm 0.203	0.501 \pm 0.183	0.475 \pm 0.313	0.523
FCA	0.319 \pm 0.168 ^b	0.317 \pm 0.099 ^b	0.572 \pm 0.569 ^a	<0.001*
FCC (gr/mm ³)	2.6969e-05 \pm 2.0977e-07 ^b	2.5016e-05 \pm 1.3381e-06 ^c	3.0212e-05 \pm 2.1554e-06 ^a	<0.001*

442
 443 FIGURAS

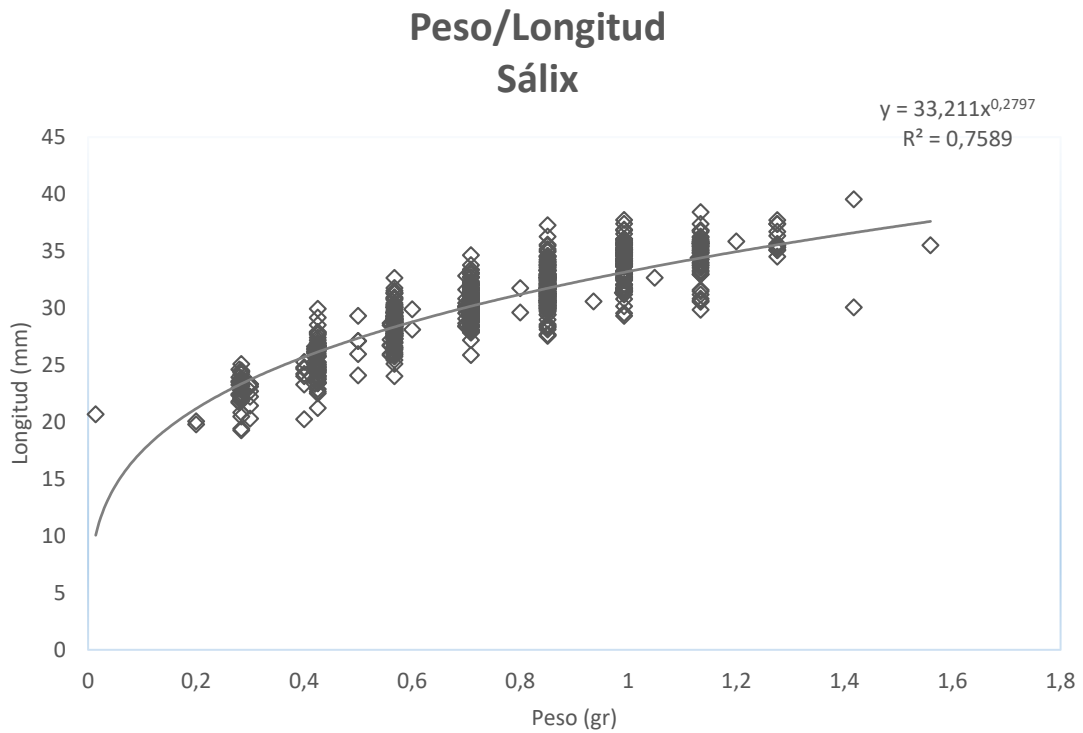


444
 445 Figura 1. Relación longitud/peso para el tratamiento control (TC)



446

447 Figura 2. Relación longitud/peso para el tratamiento con levadura (TL)



448

449 Figura 3. Relación longitud/peso para el tratamiento con extracto de sauce llorón (TS)

8. CONCLUSIONES

Los aditivos empleados en este estudio resultaron benéficos ya que, al adicionarlos en el alimento de los acociles, mejoraron el peso, la longitud, la biomasa, el $IPAL$ y la $TCRL$. Así mismo, el extracto de sauce también presentó mejoras en la sobrevivencia (medida en número de organismos), en la biomasa, en el FCA y en el FCC en comparación al tratamiento control.

El uso del extracto de *S. babylonica* en la dieta del acocil es eficiente en la producción de acociles para tener menor mortalidad y por lo tanto mayor biomasa y factor de crecimiento óptimo. El uso de levadura en la dieta permite que el crecimiento de acociles juveniles sea mayor empleando menor cantidad de alimento por lo que en términos de producción es mejor, que el uso del extracto de sauce.

Son necesarios más estudios para corroborar cuál de los dos aditivos es mejor en etapas adultas y de crías, ya que este estudio solo se enfoca en la fase juvenil. Se sugiere la combinación de levadura y sauce llorón en el alimento de acociles y evaluar el efecto de ambos en los parámetros de crecimiento.

9. REFERENCIAS

1. Álvarez, F. A. y R. Rangel. (2007). Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustácea: Decápoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78: 431-437.
2. Arredondo, J., Vásquez, A., Barriga, I., Carmona, C., Rodríguez, M. (2010). Effect of Density on Growth and Feeding of the Crayfish *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857). *Journal of Applied Aquaculture*. 22: 66–73.
3. Arredondo, J., Vásquez, A., Núñez, L., Barriga, I., Ponce-Palafox, J. (2011). Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus (Cambarellus) montezumae* (Crustacea: Decápoda: Cambaridae) en condiciones controladas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82: 169-178.
4. Arreguín. F. (1981). Diagnósis de la pesquería de camarón de roca (*Sicyonia brevirostris* Stimpson, 1871) de Contoy, Q. Roo, México. *Ciencia Pesquera* 1(2): 21-41.
5. Casas, M., Portillo, G., Aguila, N., Rodríguez, S., Sánchez, I., Carrillo, S. (2006). Efecto del alga marina *Sargassum* spp. sobre las variables productivas y la concentración de colesterol en el camarón café, *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 41(1): 97–105.
6. Castro, B.T., De Lara, A.R., Castro, M.G., Castro, M.J., Malpica, S.A. (2003). Alimento vivo en la acuicultura. *Contactos*. 48: 17-33.
7. Castro, M.J., Castro, M.G., Alcántara, M.N., Pacheco, G.V., Rodríguez, E.E. (2011). Comparison of weight increase in *Cambarellus montezumae* (Saussure, 1857) fed with a diet enriched with probiotic. *E-BIOS*. 1 (1): 20-26.

8. Cifuentes, R., González J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P., Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana Especial*. 101-110
9. Cortés, J., Villareal, C., Rendón R. (2004). Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Decapoda:Parastacidae). *Hidrobiológica*. 13(002): 151-158.
10. Dimitroglou A., Reynolds, P., Ravnøy, B., Johnsen, F., Sweetman, J., Johansen, J., and Davies, S. (2011). The Effect of Mannan Oligosaccharide Supplementation on Atlantic Salmon Smolts (*Salmo salar* L.) Fed Diets with High Levels of Plant Proteins. *J Aquac Res Development*.
11. Gatesoupe, F. J. (2000). Uso de probióticos en acuicultura. *Aquaculture* 180: 147-165.
12. Glova, G., Sagar, P. (1994). Comparison of fish and macroinvertebrate standing stocks in relation to riparian willows (*Salix spp.*) in three New Zealand streams. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 28 (3): 255-266.
13. Guillaume, J., P. Kaushik, P. Bergot y R. Metailier. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Mundi-Prensa, Madrid/Barcelona/ México, D.F. 471 p.
14. Günther, J., Jiménez, R. 2004. Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. *Revista de biología tropical*. 52 (4): 937-943.

15. Hernández-Vergara, M., Pérez-Rostro, C. (2012). Advances in Domestication and Culture Techniques for Crayfish *Procambarus acanthophorus*. *Aquaculture*. 217-240.
16. Hobbs, H., Jass, J., Huner. J. (1989). A review of global crayfish introductions with particular emphasis on two North American Species (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 56 (3), 299-316.
17. Holdich, D.M. (1993). A review of astaciculture freshwater crayfish farming. *Aquatic Living Resources*. 6 (4): 307-317.
18. Huner, J.V., Gaudé III., A.P. (2001). Hatcheries for red swamp crawfish. *Crawfish Tales*. 8 (1): 23-25.
19. Jalali MA, E Ahmadifar, M Sudagar & G Azari Takami. 2009. Growth efficiency, body composition, survival and haematological changes in great sturgeon (*Huso Linnaeus, 1758*) juveniles fed diets supplemented with different levels of Ergosan. *Aquaculture Research* 40: 804-809.
20. Jones, P., Chavez, J., Mitchell, B. (2002). Production of Australian freshwater crayfish in earthen-based systems using pelleted diets and forage crops as food. *Aquaculture International* 10: 157-175
21. Latournerié, C.J.R., Nacif, O.Y., Cárdenas, R.J., Romero, J.J. (2006). Crecimiento, Producción y Eficiencia de Energía de Crías de Acocil *Cambarellus montezumae* (Saussure) Alimentas con Detritus de *Energía densa* EDVET. *Revista electrónica de veterinaria*. 7 (12): 1-11.
22. Moctezuma, M. A. (1996). Bases biológicas y técnicas para el cultivo del acocil *Cambarellus montezumae*. Tesis, Facultad de Ciencias Marinas, Universidad de Colima, Colima. 85 p.

23. Minh, H., Fotedar, R. (2010). Prebiotic Mannan Oligosaccharide Diet Improves Health Status of the Digestive System of Marron, *Cherax tenuimanus* (Smith 1912), *Journal of Applied Aquaculture*, 22:3, 240-250.
24. Nayak SK. 2010. Role of gastrointestinal microbiota in fish. *Aquaculture Research* 41: 1553-1573.
25. Pérez-Rodríguez, R. A., A. Malpica-Sánchez y F. Arana-Magallón. (1998). Cambáridos de tres embalses del Estado de Tlaxcala, México (Crustacea: Decapoda). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 48: 1-13.
26. Peso, P., Frontela, C., González, C., Ros, G., Martínez, C. (2012). Polisacáridos de algas como ingredientes funcionales en acuicultura marina: alginato, carragenato y ulvano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 47 (3): 373-381.
27. Rengpipat, P., Phianphak W., Piyatiratitivorakul, S., Menasveta, P. (1998). Effects of a probiotic bacterium on black tiger shrimp *Penaeus monodon* survival and growth. *Aquaculture*. 167: 301-313.
28. Rodriguez M., Carmona C., y Arredondo J. (2010). Growth of Juvenile Crayfish *Procambarus llamasii* (Villalobos 1955) Fed Different Farm and Aquaculture Commercial Foods. *Journal of Applied Aquaculture*. 22:2, 140-148,
29. Sánchez, P., Romero, J., Negrete, P., López, R., Malpica, A. (2009). Aprovechamiento de los ambientes reducidos para la producción de organismos acuáticos susceptibles a cultivo, para el consumo humano. *Vet. Méx.* 40(1):55-67.

30. Sagar, P., Glova, J. (2010). Prey availability and diet of juvenile brown trout (*Salmo trutta*) in relation to riparian willows (*Salix*-spp.) in three New Zealand streams. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 29: 527-237.
31. Salem, A., Olivares, M., López, S., González, M., Rojo, R., Camacho, L., Cerrillo, S., Mejía, H. (2011). Effect of natural extracts of *Salix babylonica* and *Leucaena leucocephala* on nutrient digestibility and growth performance of lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 170: 27-34.
32. Sánchez-Saavedra, M., Re-Araujo, A., Voltolina, D. (1993). Tasa de crecimiento y contenido estomacal en una población natural de *Procambarus clarkii* (Crustacea: Cambaridae) de Baja California, México. *Revista Biológica Tropical*. 41(3): 591-597.
33. Saoud, I., Garza de Yta, A., Ghanawi, J. (2012). A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868). *Aquaculture Nutrition*. 18: 349-368.
34. Trichet VV. 2010. Nutrition and immunity: an update. *Aquaculture Research* 41: 356-372.
35. Valipour, A., Ozorio, R., Shariatmadari, F., Abedian, A., Seyfabadi, J., Zahmatkesh, A. (2012). Effects of Dietary Lipid Levels on Growth, Survival, and Molting of Yearling Narrow Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus*. *Journal of Applied Aquaculture*. 24: 316–325.
36. Xu, WN., Liu, WB., Shen, MF., Li, GF., Wang, Y., Zhang, WW. (2013). Effect of different dietary protein and lipid levels on growth performance, body composition of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Aquaculture Int*. 21: 687-697.

