



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA



**OBSERVACIONES SOBRE EL CRECIMIENTO Y ALIMENTACIÓN
DE *Ophioderma cinereum*, *Ophiocoma wendtii* y *Ophiocoma
echinata* BAJO CONDICIONES DE CAUTIVERIO.**

Seminario de Titulación
TÓPICOS SELECTOS EN BIOLOGÍA

**TESINA
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO
DE BIÓLOGA**

PRESENTA

ADRIANA LARA MEZA

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. JOSÉ ÁNGEL LARA VÁZQUEZ

ABRIL 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Gracias a Dios por haberme dado la vida y la oportunidad de disfrutar cosas tan buenas como la carrera de Biología.

A mis padres, Rafael Lara y Martina Meza, por ser un ejemplo de trabajo, esfuerzo y dedicación. Gracias por esos principios que han inculcado en mí desde que era pequeña, no pudieron haberme tocado mejores padres y les hago saber que este, también es un logro suyo. Los amo.

Para mis hermanos: Humberto, Edgar y Rafael, por todo su cariño. Se que siempre estarán conmigo. Elizabeth Lara, gracias hermanita por tu apoyo incondicional, tus palabras surgen en los momentos más apropiados para darme ánimo.

A mi esposo Everardo Estrada, por compartir todos estos años conmigo y apoyarme en este sueño, siempre caminaremos tomados de la mano, te amo.

En especial para ti mi pequeño Saúl, que has venido a mi vida para llenarla de un dulce sabor, con todas tus travesuras y sonrisas que son mi motivo más grande para vivir.

A las amigas que conocí en mi paso por la FES Iztacala Jessica y Lizeth, gracias por todos esos momentos que hemos pasado juntas, sin duda su amistad siempre es reconfortante.

Gracias a mi asesor José Ángel Lara Vázquez, por su dedicación y paciencia para la realización de esta tesina.

INDICE

	Pagina
Introducción.....	1
Antecedentes.....	3
Justificación.....	3
Objetivos.....	4
Metodología.....	4
Resultados.....	5
Discusión.....	11
Preferencia alimenticia.....	12
Otras observaciones.....	13
Conclusiones.....	14
Literatura citada	14

INTRODUCCIÓN

Algunos de los animales más comunes en la costa son los equinodermos (Gr. echinos, espinoso; derma, piel). Los equinodermos son organismos invertebrados exclusivamente marinos, con simetría radial pentámera, presentan un esqueleto interno de osículos calcáreos. Poseen un sistema vascular acuífero y carecen de aparato excretor. Generalmente son dioicos con fecundación externa. El filo contiene unas 7000 especies actuales, que incluyen crinoideos (lirios de mar), ophiuroideos (estrellas quebradizas) asteroideos (estrellas de mar), equinoideos (erizos y galletas de mar), concentrocicloideos (margaritas de mar) y holoturoideos (pepinos de mar). Se conocen unas 13000 especies, aproximadamente, en un registro fósil que se remonta al menos a los principios del cámbrico (Brusca y Brusca, 2005).

Dentro de los equinodermos encontramos a la clase ophiuroidea, que son organismos bentónicos de vida libre. Los ofiuroideos son conocidos también como cestas de mar, estrellas serpentiformes o estrellas quebradizas. Las 2000 especies descritas hacen que esta clase sea la más numerosa de los equinodermos. Suelen enterrarse en suelos blandos o alojarse entre las rocas tanto en aguas costeras como a grandes profundidades dado su carácter de fototropismo negativo. Los ofiuroideos son equinodermos relativamente pequeños. En la mayoría de las especies el disco mide de 1 a 3 cm de diámetro, aunque los brazos pueden ser muy largos. Las cestas o canastas de mar son los miembros más grandes de la clase, ya que su disco puede alcanzar, en algunos casos, un diámetro de casi 12 cm. El color de los ofiuroideos es muy variable y son comunes los diseños a base de manchas o franjas. El disco central está aplanado y presenta un contorno circular o algo pentagonal. Poseen cinco brazos, aunque en las cestas de mar éstos se ramifican desde la base o más distalmente; las ramas a su vez se van subdividiendo repetidamente de manera que se forma una gran masa de brazos que parecen tentáculos. Los ofiuroideos se diferencian de los demás equinodermos porque sus brazos largos se destacan con mayor claridad del disco central y están articulados de manera que cada especie es capaz de desarrollar un grado de flexión en forma vertical (Barnes 1996). Debajo de los empalmes del brazo y más allá del borde del disco tienen placas laterales protectoras del brazo que llevan una serie de espinas dorsales cuya función es la defensa y alimentación. Los osículos modificados del brazo se ensamblan en un anillo debajo del disco, formando cinco mandíbulas triangulares que enmarcan la boca centralmente colocada, posteriormente se unen a las mandíbulas los osículos llamados papilas orales, papilas dentales, y los dientes. En la mayoría de los ofiuroideos, uno de los escudos orales está modificado como madreporito, por lo que ésta estructura está localizada en la cara oral. Debido quizás a la reducción de la cavidad celomática, el sistema ambulacral carece de ampollas y también debido a esto el intercambio gaseoso se produce en su mayor parte a nivel de cinco pares de invaginaciones en forma de sacos (bursas) situadas en la cara oral del disco (Hendler, 1995).

La mayoría de los ofiuroides son dioicos. Las gónadas se presentan como unos pequeños sacos unidos a la cara de las bursas que da al celoma, cerca de las hendiduras de las mismas. Puede haber una, dos o más gónadas por cada bursa y pueden estar fijas en diversos lugares. Cuando las gónadas están maduras descargan los gametos en el interior de las bursas, posiblemente por ruptura de las paredes, y posteriormente los gametos salen al exterior con las corrientes de ventilación (Barnes, 1996). También la incubación es común entre los ofiuroides. Los espermatozoides entran en las bursas y penetran los huevos, y en estos sacos permanecen los embriones durante su desarrollo (Brusca y Brusca 2005).

Los ofiuroides son los equinodermos más móviles y cuando se desplazan separan el disco del sustrato, con uno o dos brazos dirigidos hacia adelante y otro, u otros dos hacia atrás. Los demás brazos quedan a ambos lados y realizan unos rápidos movimientos contra el sustrato, como si se tratase de remos, haciendo que el animal se desplace como si fuese dando una serie de saltos o tirones. Pueden desprenderse de un brazo o de parte del disco cuando se ven amenazados o intentan ser sujetados por sus depredadores, si llegara a existir una ruptura siempre es regenerada (Brusca y Brusca 2002). Otras formas de defensa son la luminiscencia, el escape rápido, y las respuestas a la sombra accionado por el paso de depredadores (Hendler, 2005).

Aunque el grado del papel que ocupan los ofiuroides en la trama alimenticia marina a sido raramente documentado, se han encontrado presentes en las dietas de cangrejos, camarones, y de peces comercialmente importantes incluyendo por lo menos 33 de las especies de los arrecifes del caribe, son consumidas por los cangrejos ermitaño, estrellas de mar y otras estrellas quebradizas. Además son consumidores primarios, ya que pueden ser carnívoros, carroñeros, consumidores de materia sedimentada o filtradores; Con ayuda de los pies ambulacrales son capaces de detectar concentraciones extremadamente diluidas de productos químicos tales como aminoácidos y vitaminas, permitiendo a los individuos encontrar y responder al alimento, en la distancia. Algunas otras son comensales de grandes esponjas, en cuyos canales pueden vivir en gran número (Hendler, 1995).

Los ofiuroides nunca han sido un artículo importante del comercio humano, aunque en el pasado, gente de Indonesia cocinaba y comía huevos de canastas de mar. Las estrellas quebradizas y las canastas de mar, no se utilizan a menudo para el comercio como recuerdo, porque desaparece mucha de su belleza al extraerlas del mar (Hendler, 1995). Por esta razón en los últimos años ha tenido una gran relevancia la acuariofilia que es una actividad en la cual se mantienen en cautiverio organismos vivos de ambientes acuáticos, ya sea en acuarios públicos o caseros que permiten apreciar animales que la mayoría de la gente no conoce, sobre todo organismos de agua marina, porque es más difícil tener acceso al mar pues se requiere de ciertos conocimientos como el saber bucear. Y dado este motivo cada vez se implementan nuevos adelantos tecnológicos, entre ellos

métodos y aparatos sofisticados que permiten mantener organismos de arrecife en cautiverio en un ambiente propicio.

ANTECEDENTES

Hendler Gordon y colaboradores en 1995 realizan una publicación en donde hablan de la morfología, hábitat, distribución y biología de especies de asteroideos, holoturoideos y ophiuroideos (entre ellos *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii*) de Florida y el Caribe.

Stewart en 1990 realizó un estudio, en Nueva Zelanda, sobre el comportamiento en cautiverio de la ofiura *Astrobranchion constrictum* (Echinodermata: Ophiuroidea) en simbiosis con el coral negro *Antipathes fiordensis*.

Lamberton en 1992, sugiere que un acuario marino con ofiuroideos debe tener una salinidad de entre 29 y 30 partes por millón, un termómetro en donde se pueda observar la temperatura, una circulación constante del agua y un sustrato como las rocas. Para que puedan formar un microhábitat.

Purser en 2004 realiza una descripción de los ofiuroideos y menciona que estos organismos pueden proporcionar un balance ecológico en el acuario, ya que procesan el nitrógeno y son buenas detritívoras.

JUSTIFICACIÓN

La mayor parte de los trabajos realizados sobre los ofiuroideos son con base en investigaciones morfológicas, taxonómicas, ecológicas y de distribución geográfica, sin embargo existen partes de la investigación de estos organismos que aún permanecen en blanco, debido a que es imposible permanecer demasiado tiempo observando a los organismos en su medio natural. Por lo tanto es igual de importante buscar e impulsar la investigación en otras áreas carentes de estudio como son su etología, alimentación y mantenimiento en cautiverio. Sobre todo en estos últimos aspectos, debido a la gran importancia económica que han ido adquiriendo mantenerlos en acuarios marinos, tanto caseros como de exhibición al público. Los acuarios se han convertido en captadores de miradas, esto es debido a que observar la vida que se esconde detrás del cristal es una idea fascinante, a la altura del carácter curioso del ser humano y a sí mismo se han convertido en admirables piezas de decoración, mundos de luz, color y vida. Pero desgraciadamente los organismos no sobrepasan de los 2 a 3 meses de vida; esto ha provocado un interés creciente sobre su mantenimiento en cautiverio por períodos prolongados de tiempo; la acuariofilia ha impulsado la búsqueda de las condiciones adecuadas para los ofiuroideos, pues estos organismos son tomados de su hábitat natural de manera descontrolada e irracional. A diferencia de la acuariofilia de agua dulce en donde se cultivan el 90% de las especies comercializadas, en la acuariofilia marina la gran mayoría de especies (incluyendo

ofiuroideos) proceden directamente de los arrecifes de coral y hábitat adyacentes. No existen datos registrados de como mantener vivos en cautiverio a estos equinodermos ni tampoco se conocen las condiciones que existen en su medio natural por lo tanto es necesario mantenerlos bajo observación durante un tiempo, de esta forma se puede proponer en un futuro como mantenerlos vivos incluyendo la alimentación y así alargar su período de vida dando tiempo para recuperar la población de estos organismos en su hábitat natural y así ayudar a su conservación.

Por lo antes mencionado los objetivos de este trabajo fueron:

OBJETIVOS

- 1) Mantener bajo condiciones de cautiverio a las especies *Ophioderma cinereum*, *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii*.
- 2) Determinar las condiciones óptimas para el mantenimiento en cautiverio de *Ophioderma cinereum*, *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii*.
- 3) Registrar el crecimiento de *Ophioderma cinereum*, *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii*.
- 4) Conocer aspectos sobre la conducta alimenticia de *Ophioderma cinereum*, *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii*

METODOLOGIA

Se instalaron dos acuarios marinos de 150 y 75 litros, preparándose con agua destilada y sal (Instant Ocean), hasta alcanzar una salinidad de 33 partes por millón que se midió con un densímetro. En cada acuario se instalo un filtro y un espumador o separador de proteínas para evitar que estas se precipiten (Meyer 1992), además se colocó un calentador para mantener la temperatura del acuario a 25°C; Como sustrato se colocó arena de coral, fragmentos de coral y rocas de travertino. La oxigenación fue constante por medio de una bomba (Gilbert 1991) y una cabeza de poder modelo Hagen 201 que mantuvo un flujo de 700 lt/h. Todos los implementos anteriores se estuvieron vigilando constantemente para que funcionaran de una manera adecuada.

Cada semana se realizaron mediciones de temperatura con un termómetro; pH, con un potenciómetro, dureza total, dureza al calcio, nitritos y nitratos con un kit tetratest laborett (Favré,1980). La activación del acuario se realizó con la siembra de algas pardas y una vez montado el sistema se dejo estabilizar 4 meses; pasado este lapso de tiempo se introdujeron los ofiuroideos.

En marzo del 2005 se adquirieron 6 organismos del genero *Ophiocoma* en un acuario comercial, los cuales fueron aclimatados por el método de goteo hasta el recambio total del volumen de agua e introducidos al acuario de 150 Lt.

En julio del año 2005 en la Gallega Veracruz fueron colectados 3 ofiuroides del genero *Ophioderma*, en este lugar se midieron parámetros físicos y químicos del agua de mar. Los organismos fueron transportados en contenedores de 20 Lt, realizándoles recambios de agua y dándoles aireación continua mediante una bomba de campo (O'Malley,1992) hasta la llegada al laboratorio de zoología de la FES Iztacala, se mantuvieron en cuarentena y paralelamente se realizó la aclimatación para introducirlos al acuario de 75 Lt. A todos los organismos se les registro el peso y la talla inicial. Cabe mencionar que la mayoría de los organismos tanto capturados, como adquiridos en los acuarios estaban mutilados de algunas partes de sus brazos, y otros estaban en proceso de regeneración.

Posteriormente tomó registro gráfico de las estructuras necesarias para la determinación de los organismos a nivel especie con ayuda del manual taxonomía de equinodermos de Francisco A. Solís-Marín y Eustolia Mata Pérez, 1999.

Todos los días se hacían dos observaciones de 10 a 11 de la mañana y de 5 a 6 de la tarde a esta hora se les daba de comer cada tercer día alternando hojuelas wardley, alimento bio-blend que se les proporcionaba en una cantidad de una cucharada sopera desde la superficie del acuario o un pez a cada ofiura de la especie *Poecilia reticulata* (con un peso de 0.56 gramos en promedio) que se mataban momentos antes de introducirlos a los acuarios. Cada quince días se sacaban los organismos de los acuarios para medir el diámetro del disco de cada organismo utilizando un vernier y pesándolos con una balanza semianalítica. El periodo de manutención de los ofiuroides, fue de 5 semanas para *Ophioderma cinereum*, 16 semanas para *Ophiocoma echinata* y 28 semanas para *Ophiocoma wendtii*.

RESULTADOS

Los parámetros físicos y químicos obtenidos en la zona de colecta La Gallega Veracruz se muestran en el cuadro 1.

Temperatura C	Salinidad ppm	pH	NO ₂ mg/l	NH ₃ mg/l
28	34	8.7	18	0.4

Cuadro 1. Parámetros físicos y químicos de La Gallega Veracruz.

Las condiciones físicas y químicas en las que se mantuvieron a los organismos en los acuarios, durante el tiempo en que permanecieron en cautiverio, son las presentadas en el cuadro 2.

pH	T °C	NO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	NH ₃ mg/l	Sal. ppm	Ca mg/l	KH	PO ₄ mg/l	CO ₂ mg/l
8.52	23.79	0.092	33.25	0.629	32.77	381.53	156.66	6.04	0.71
0.12	1.75	0.40	20.37	0.72	0.72	32.105	33.66	15.46	0.42

Cuadro 2. Valores promedio y desviación estándar para los parámetros físicos y químicos presentes en los acuarios.

Los tres organismos colectados en la Gallega Veracruz eran de la especie *Ophioderma cinereum* (Foto 1 y 2) y fueron alimentados cada tercer día con hojuelas wardley o alimento bio-blend, el cual fue reducido a pequeños trozos e introducido desde la superficie del acuario, pero a esta especie en particular se le alimentó principalmente de peces de la especie *Poecilia reticulata*.

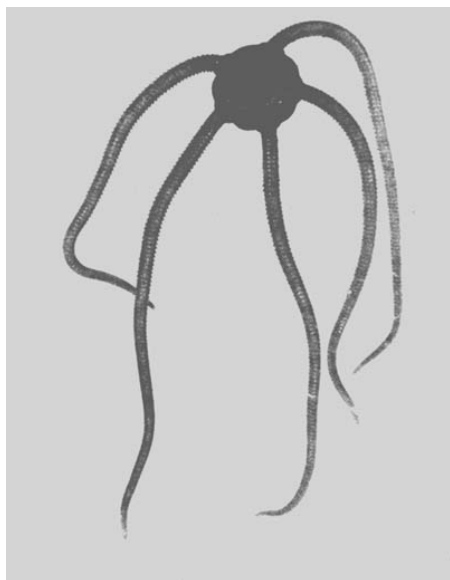


Foto 1. *Ophioderma cinereum*.

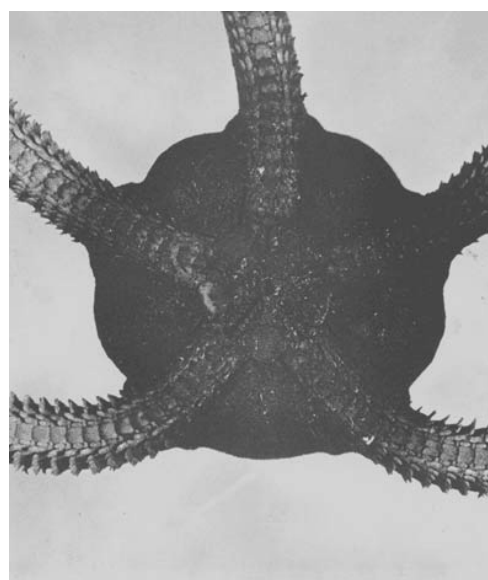


Foto 2. Estructuras bucales de *Ophioderma cinereum*.

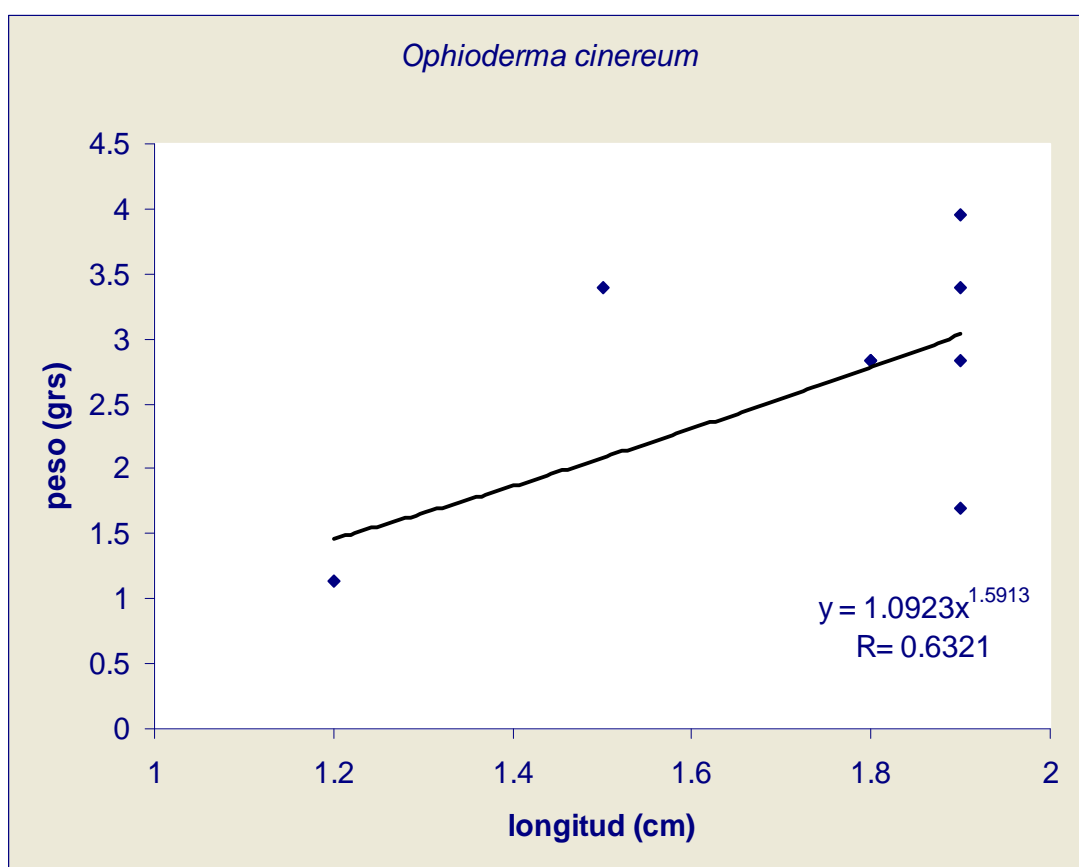
Los pesos y medidas registrados durante el periodo junio/julio 2005 para *Ophioderma cinereum* se presentan en el cuadro 3.

Peso	Inicial (grs)	Final (grs)	Ganancia en Peso (grs/sem)
Organismo N° 1	2.83	2.83	0
Organismo N° 2	3.40	3.96	0.112
Organismo N° 3	1.13	1.70	0.114

Díámetro del disco	Inicial (cm)	Final (cm)	Ganancia en longitud (cm/sem)
Organismo N° 1	1.8	1.9	0.02
Organismo N° 2	1.5	1.9	1.08
Organismo N° 3	1.2	1.9	0.14

Cuadro 3. Promedio del peso y longitud de la especie *Ophioderma cinereum*.

De acuerdo a los datos registrados se obtuvo la relación peso-longitud de la especie *Ophioderma cinereum* (grafica 1).



Grafica 1. Relación peso-longitud de *Ophioderma cinereum*.

Los organismos adquiridos en los acuarios fueron tres de la especie *Ophiocoma echinata* (Foto 2 y 3), y tres de la especie *Ophiocoma wendti*. *Ophiocoma echinata* fue alimentada cada tercer día, alternando hojuelas wardley y alimento bio-blend que se les daba en trozos pequeños desde la superficie del acuario y peces de la especie *Poecilia reticulata*. En el cuadro 4 se muestran los pesos y tallas registrados en el periodo marzo/julio 2005.

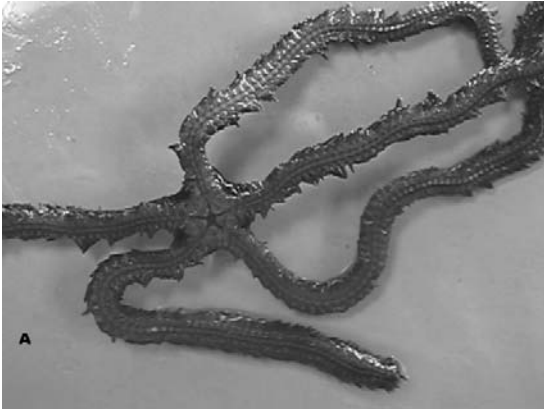


Foto 3. *Ophiocoma echinata*.

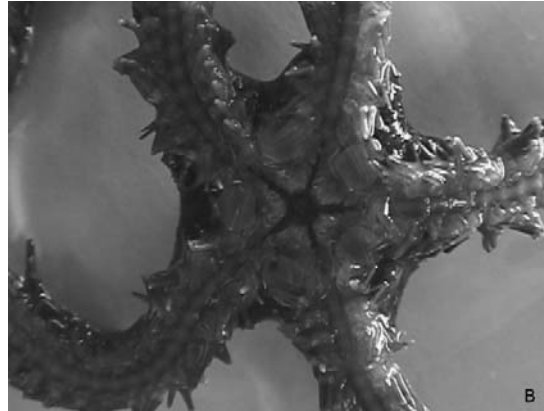
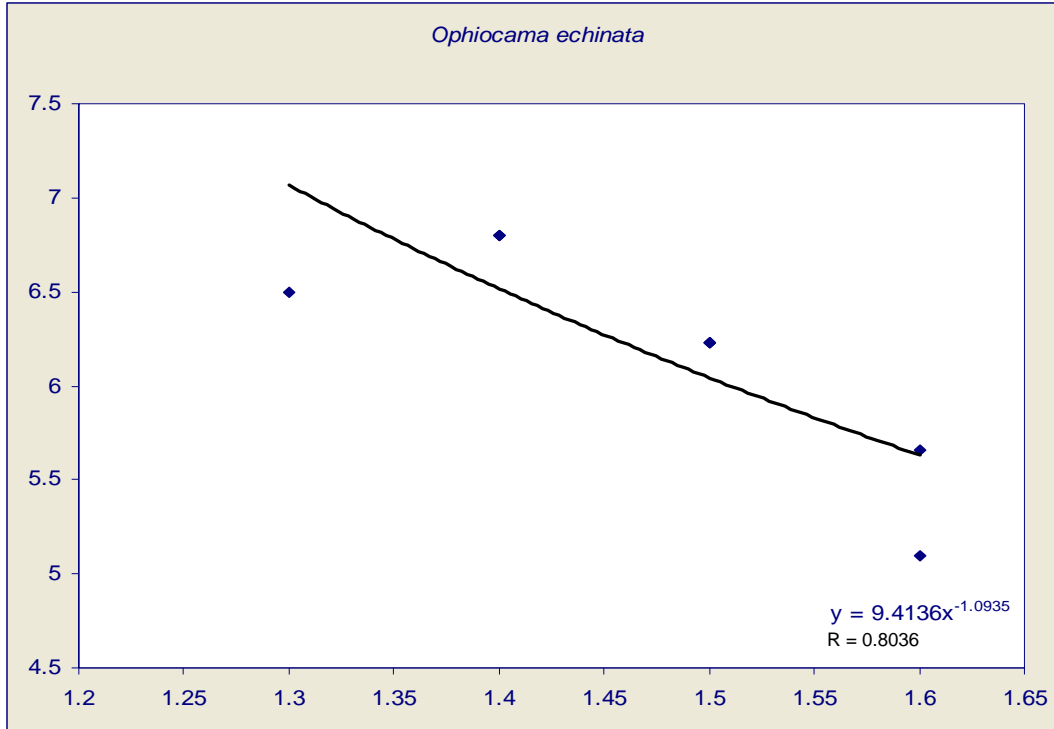


Foto 4. Estructuras bucales de *Ophiocoma echinata*.

Peso	Inicial (grs)	Final (grs)	Ganancia en peso (grs)
Organismo N° 1	6.50	5.66	-0.0525
Organismo N° 2	12.47	6.23	-0.0356
Organismo N° 3	7.37	6.23	-0.0712
Diámetro del disco	Inicial (cm)	Final (cm)	Ganancia en longitud (cm/sem)
Organismo N° 1	1.3	1.6	0.0187
Organismo N° 2	1.6	2.2	0.0375
Organismo N ^a 3	1.8	1.7	-0.0062

Cuadro 4. Promedio de peso y longitud de *Ophiocoma echinata*.

En la grafica 2 se muestra la relación peso-longitud para la especie *Ophiocoma echinata*.



Grafica 2. Relación peso-longitud de *Ophiocoma echinata*.

Los organismos de la especie *Ophiocoma wendtii* (Foto 5 y 6) fueron alimentados cada tercer día alternando alimento bio-blend, hojuelas wardley y peces de la especie *Poecilia reticulata*.



Foto 5. Estructuras bucales de *Ophiocoma wendtii*

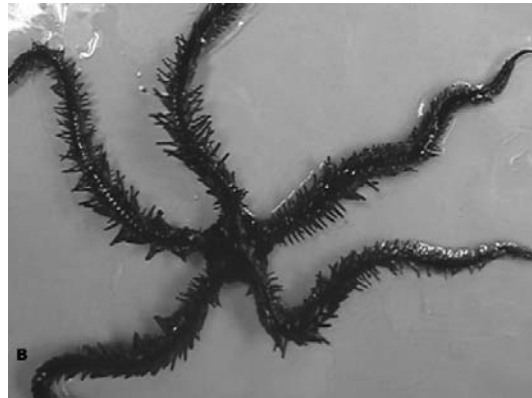


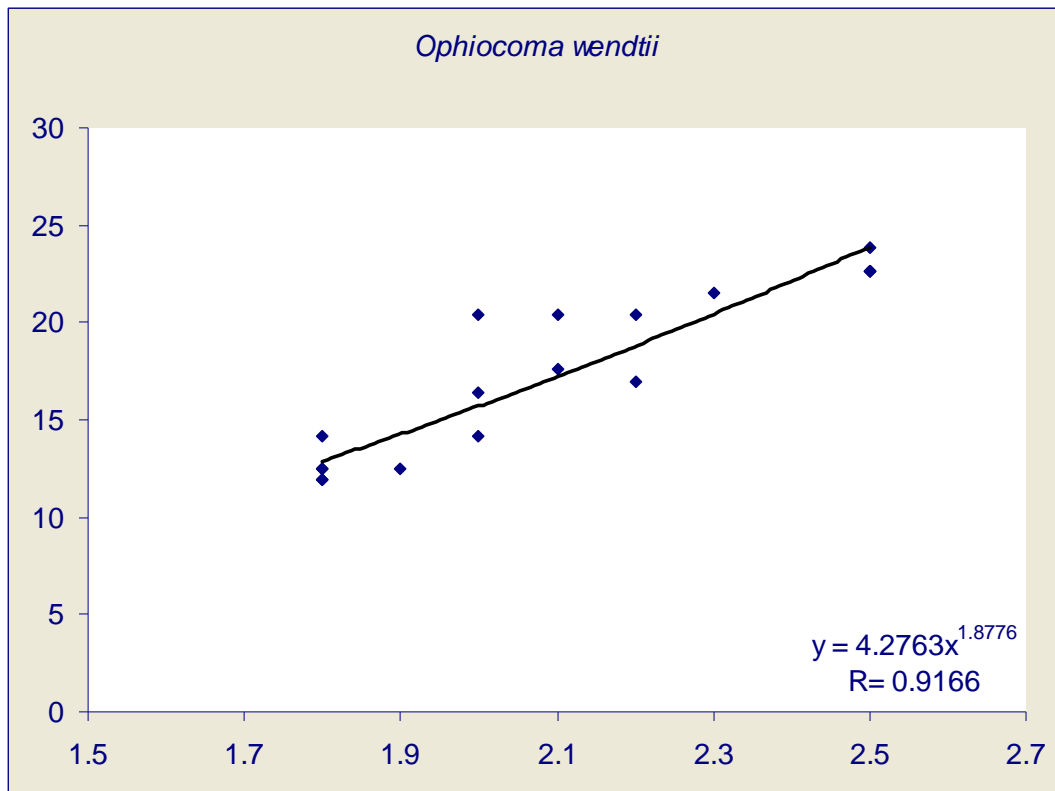
Foto 6 *Ophiocoma wendtii*

Los pesos y medidas registrados durante el periodo marzo/octubre 2005 se muestran en el cuadro 5.

Peso	Inicial (grs)	Final (grs)	Ganancia en peso (grs/sem)
Organismo N° 1	22.67	14.17	-0.3035
Organismo N° 2	17.57	14.17	-0.4857
Organismo N° 3	12.47	11.90	-0.0203
Diámetro del disco	Inicial (cm)	Final (cm)	Ganancia en longitud (cm)
Organismo N° 1	2.5	2.0	-0.0178
Organismo N° 2	2.1	1.8	-0.0107
Organismo N° 3	1.9	1.8	-0.0035

Cuadro 5. Promedio del peso y longitud de la especie *Ophiocoma wendtii*.

En la grafica 3 se aprecia la relación peso-longitud que tuvo la especie *Ophiocoma wendtii*.



Grafica 3. Relación peso-longitud de *Ophiocoma wendtii*.

Discusión

Los parámetros físicos y químicos que se midieron en la zona de colecta La Gallega Veracruz en donde se colectaron los 3 organismos de *Ophioderma cinereum* son muy semejantes, a los de las peceras. Sin embargo, existieron algunos registros que sobrepasan dichos valores, y que como era de esperarse fue mientras se establecieron y poblaron las bacterias responsables del ciclo del nitrógeno, las cuales al establecerse bajaron dichos valores y estos se mantuvieron constantes y en equilibrio. A los 9 organismos se les aclimato antes de introducirlos a las peceras debido a que los organismos deben de ir incorporando poco a poco agua nueva, para que no exista una condición de estrés en los organismos y lleguen a morir.

Como se ha mencionado los ofiuroides fueron alimentadas con tres diferentes tipos de comida, observando que durante su estancia en los acuarios la especie *Ophioderma cinereum* de acuerdo a lo que se muestra en la gráfica 1, respecto a la relación peso-longitud, el valor de **R** obtenido es el más bajo, con relación a las otras especies, esto esta dado por la cantidad de datos (tiempo de vida de los organismos), teniéndose que para el caso de *Ophiocoma wendtii* como se muestra en la gráfica 3 el valor es el más alto, esto nos da un indicio del como aprovechaban los recursos los organismos de esta especie, pues fue la que más tiempo se mantuvo con vida en cautiverio. Sin embargo, es importante mencionar que este modelo se estableció para vertebrados y algunos invertebrados artrópodos de pesquerías importantes, y por esta razón sería necesario realizar por mayor tiempo el estudio para verificar si el modelo se ajusta a este tipo de invertebrados no artrópodos, o se tiene que realizar algún ajuste especial. El valor de **a** (factor de condición) es variable, lo cual puede deberse a varios factores como la disponibilidad de alimento, época reproductiva o presencia de parásitos, entre otros. La especie *Ophioderma cinereum*, obtuvo ganancias positivas en el peso y en el diámetro del disco, excepto por un organismo, que solamente aumento el diámetro del disco pero no el peso. Esta especie tuvo un crecimiento más isométrico, de acuerdo a lo que dice Bagenal 1978, si el exponente **b** es igual a 3, el crecimiento es isométrico, es decir, las proporciones geométricas del cuerpo no cambian. Si la forma del cuerpo cambia durante el crecimiento de tal modo que la relación de las medidas lineales con respecto al peso decrece, entonces **b** es mayor que 3; en caso contrario, **b** es menor que 3 y se afirma que su crecimiento es alométrico. *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii* presentaron un tipo de crecimiento alométrico, de acuerdo con el autor mencionado, apoyado en que tres organismos de *Ophiocoma echinata* tuvieron una disminución en peso y sin embargo la longitud del disco en dos ofiuras aumento, es decir estas ofiuras eran más largas que pesadas; Y los tres organismos de la especie *Ophiocoma wendtii* obtuvieron ganancias negativas en peso y longitud del disco. Esto pudo deberse a que como se mencionó anteriormente la mayoría de los organismos estaban mutilados de algunos brazos y otros estaban regenerando, así mismo en el tiempo que estuvieron viviendo en el acuario la mayoría de los ofiuroides soltaron parte de sus brazos debido al estrés como lo menciona Bourgoin y Guillou, 1994. De esta forma perdieron parte

de la masa corporal que seguramente provoco una demanda mayor de alimento que concentraban en la regeneración de sus brazos. Sin embargo, se propone para estudios que se puedan realizar en el futuro implementar mayor variedad de alimento, de esta manera las ofiuras podrían obtener una mayor cantidad de macro y micronutrientes. Hay que resaltar que el empleo de este modelo matemático para estos organismos no ha sido registrado, y únicamente se empleo como una herramienta para generar datos que ayuden al mejor conocimiento de la biología de éstas especies.

Preferencia alimenticia

Cuando a los organismos de la especie *Ophioderma cinereum* se les alimentaba con hojuelas wardley o alimento bio-bled, lo percibían desde el momento en que los pequeños trozos hacían contacto con el agua, ya que se les podía observar agitar algunos de sus brazos, sin embargo cuando este llegaba hasta el fondo del acuario y lo querían sujetar se les dificultaba tomarlo para comérselo. En cambio al alimentarlas con peces, también los percibían de forma inmediata pero al llegar al fondo o antes, iban rápido a capturarlo rodeándolos con un brazo, arrastrándolos e introduciéndolos completamente en su boca. Hendler y colaboradores 1995, reportan que *Ophioderma cinereum* en su hábitat natural ha sido observada fuera de sus refugios capturando peces. Brusca y Brusca 2005, mencionan que es una depredadora activa y que sigue esta forma de alimentación debido a que las espinas de sus brazos son cortas y por esta razón seguramente no pueden capturar alimento muy pequeño. Barnes 1996 menciona que la mayoría de las ofiuras son carnívoras y se alimentan, sobre todo, a base de poliquetos, moluscos y pequeños crustáceos.

Los organismos de la especie *Ophiocoma echinata* al ser alimentados con hojuelas wardley desde que este alimento entraba en el acuario extendían dos o tres brazos fuera de sus refugios y se observó que el alimento se quedaba atrapado entre sus espinas, posteriormente se veía mucho movimiento de sus pies ambulacrales. Es importante mencionar que aun cuando no había alimento que se les hubiera proporcionado en ese momento, las ofiuras estaban pasando constantemente arena entre sus pies ambulacrales, seguramente buscando partículas de alimento. Brusca y Brusca 2005 dicen que a esta forma de alimentación se le llama detritívora selectiva y mencionan que se lleva a cabo mediante los podios y a veces con las espinas de los brazos, la epidermis segrega moco al que se adhiere el material orgánico, después los podios enrollan el moco y el alimento en una masa o bolo alimenticio. Cerca de la base de cada podio hay una saliente a modo de solapa denominado placa tentacular. El bolo alimenticio es transferido desde un podio a la placa adyacente, donde lo toma el podio siguiente y así sucesivamente de forma que la comida es transportada a lo largo del brazo hasta la boca. El mismo procedimiento repetían al ser alimentarlas con bio-blend,

pero de una forma más lenta, esto es de suponerse porque el alimento era más grueso. Al detectar los peces muertos en el acuario, estas ofiuras empezaban a tomarlo con sus brazos lo enrollaban en sus brazos y arrastraban hasta llevarlo debajo de las rocas. Al día siguiente sacaban restos de los peces, los cuales otras ofiuras los pasaban de pie en pie ambulacral.

Ophiocoma wendtii, se podía observar muy poco, debido a que la mayor parte del tiempo estaba bajo las rocas y cuando el alimento era introducido, no se mostraba activa como las otras especies, esporádicamente se observó que sacaban sus brazos para agitarlos de un lado a otro y fue muy evidente que desprendían una gran cantidad de moco por esto podemos inferir que otro de sus tipos de alimentación era suspensivota, además de que también se alimentaba de partículas del sustrato, como lo menciona Brusca y Brusca secretan bandas de moco entre las espinas de los brazos, que después el animal balancea para atrapar plancton y detritos. El alimento pasa a los podios y después a la boca. La mayoría de los ofiuroideos utilizan varios procedimientos de alimentación, aunque siempre hay uno que predomina sobre los otros. Además podemos decir que tienen hábitos nocturnos mas marcados que las otras dos especies de ofiuras, posiblemente presentaban mayor actividad durante la noche como lo menciona para otra especie Stewart 1990, en donde observo que durante el día *Antipathes fiordensis* se mantenía enrollada entre el coral, y cuando la filmaban en la noche se desenrollaba para alimentarse, un método era ponerse rígida en la columna de agua y así alimentarse con ayuda de sus pies ambulacrales y espinas.

Otras observaciones

Al día siguiente de introducir las ofiuras al acuario, un organismo de la especie *Ophiocoma echinata*, subió a través del cristal hasta donde se localizaba el filtro, otra más se desplazaba por toda la pecera, agitando los brazos de un lado a otro, esto pudo haber ocurrido debido al estrés que represento el manipularlas para la aclimatación.

De acuerdo a las observaciones, los organismos podían estar juntos bajo la misma roca, pero en ocasiones se observó como una ofiura de la especie *Ophiocoma wendtii*, saco del refugio a una de las ofiuras de la especie *Ophiocoma echinata*. Hendler 1995, hace mención de esta conducta para *Ophiocoma wendtii* en su hábitat natural pues dice que puede defender agresivamente su madriguera. Estos organismos pueden provocar el retiro de algunos individuos que estén invadiendo su grieta valiéndose de sus largas espinas dorsales.

Los organismos de la especie *Ophiocoma wendtii* se enterraban en la arena debajo de las rocas y cuando la luz era demasiada, no era posible observarlas pues se protegían muy bien, en ocasiones muy raras exhiben sus brazos, pero fue evidente que tenían mayor actividad durante la noche, pues se podían observar espinas marcadas en los cristales.

Ophioderma cinereum se exponía mas a la luz, no se protegía tanto, aunque también contaba con un refugio propio, en una ocasión que se murió un erizo se

acercaron los individuos de esta especie y se lo empezaron a comer, hasta dejar el esqueleto solamente.

Conclusiones

- Los factores físicos y químicos principales para mantener un acuario marino con ofiuroideos son: una salinidad de 32 ppm, un pH de 8.5 y una concentración de calcio de 381 mg/l.
- La especie *Ophioderma cinereum* mostró ganancias en peso y diámetro del disco positivas, en *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii* fueron negativas.
- Los organismos de la especie *Ophioderma cinereum* tuvieron un crecimiento isométrico. *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii* eran más largas en el disco central que pesadas, por lo tanto mostraron un crecimiento alométrico.
- *Ophioderma cinereum* se alimento principalmente de peces, enrollándolos y arrastrándolos, hasta llevarlos a su boca.
- *Ophiocoma echinata* y *Ophiocoma wendtii*, se alimentan de pequeñas partículas que les caen de la columna de agua, ayudándose de sus largas espinas, del moco que secretan y de sus pies ambulacrales.
- Se recomienda mantener 1 ofiura por cada 75 litros de agua, de la misma especie con suficientes rocas donde puedan resguardarse.

LITERATURA CITADA

- Bagenal, T; Methods for assessment of fish production in fresh-waters,.I. B. P. Handbook No.3, Blackwell Sci; Pubs; Oxford. 1978. 365 p.
- Barnes R. D. y Ruppert E. E. Zoología de los Invertebrados. Editorial Mc Graw Hill Interamericana. Sexta edición. España. 1114 pp.

- Bourgoin A. y Guillou M. 1994. Arm regeneration in two populations of *Acrocnida brachiata* (Montagu) (Echinodermata: Ophiuroidea) in Douarnenez Bay, (Brittany: France): An Ecological significance. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 184: 123-139.
- Brusca C.R. y G.J. Brusca 2002. *Invertebrate*. Editorial Sinaver Associates, Inc; Publisherss. Segunda Edición. Estados Unidos. 936 pp.
- Brusca C.R. y G.J. Brusca 2005. *Invertebrados*. Editorial Mc Graw-Hill Interamericana. Segunda Edición. España. 1005 pp.
- Byrne M. y Hendler G. 1987. Fine structure of de dorsal arm plate of *Ophiocoma wendtii*: Evidence for a photoreceptor system (Echinodermata, Ophiuroidea). *Zoomorphology*. 107:261-272 .
- Hendler G; J.E. Miller, D.L. Pawson, P.M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins and Allies. *Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smith Sonian Institution Press. Washington and London.
- Lamberton K. 1992. Starting With Invertebrates: Your Firts Marine Aquarium. *Tropical Fish* . Num 1. XLI: 52-73.
- Le Gall, P. 1991. El cultivo de erizos. En: Gilbert, B. *Acuicultura*. Ediciones Omega. Barcelona. 395 414 pp.
- Meyer S.M. November 1992. Fractionador Follies. Fine-tuning the fractionador you may have built. *Aquarium Fish Magazine*. 66-67 pp.
- O'Malley J. December 1992. Fish with invertebrates. Combining the two takes a little more effort. *Aquarium Fish Magazine*. 68-69 pp.

- Purser A. 2004. Brittle Stars In The Marine Aquarium. *Tropical Fish*. Num 10. LII:122-141.
- Solis-Marín F.A; Mata P.E.1999. Taxonomía de Equinodermos. CONACYT. 72 pp.
- Henri Favré, 1980. El acuario. Madrid-Barcelona.
- Stewart B. 1998. Can a Snake star earn its keep? Feeding and cleaning behaviour in *Astrobrachion constrictum* (Farquhar) (Echinodermata: Ophiuroidea), a euryalid brittle-star living in association with the black coral, *Antipathes fiordensis* (Grange 1990) *J. Exp. Mar. Ecol.* 221: 173-189.