

Memorias del Taller:

Cultivo intensivo y Repoblamiento del Abulón

Resultados de la Granja Demostrativa



Noviembre, 2000

Directorio

CIBNOR

Dr. Mario Martínez García
Director General

Elena Enríquez Silva
Directora de Apoyo Académico

FIRA - BANCO DE MEXICO

Ing. Sergio Correu Gleaves
Director Regional Noroeste

Ing. Ernesto Acevedo González
Subdirector de Fomento Tecnológico

Ing. Antonio Godina González
Residente Estatal en Baja California Sur

Memorias del Taller:

Cultivo Intensivo y Repoblamiento del Abulón

Resultados de la Granja Demostrativa



Noviembre, 2000

Diseño, composición y tipografía: Edgar Yuen Sánchez.

Diseño de Portada: Gerardo Hernández García.

Edición: Germán Ponce Díaz, Elisa Serviere Zaragoza y Edgar Yuen Sánchez.

Encuadernación: Margarito Rodríguez Alvarez, Santiago Rodríguez Alvarez y Rubén Andrade Velázquez.

Producción por parte de FIRA: Manuel Blanquet Cabrera y Sergio Rojas López.

Producción por parte del CIBNOR: Germán Ponce Díaz, Edgar Yuen Sánchez, Gerardo Hernández García, Elisa Serviere Zaragoza y Edmón Montaña Chávez.

Impreso en las instalaciones del CIBNOR.

Noviembre del 2000.

PRESENTACIÓN

Existen varias sociedades cooperativas dedicadas a la explotación del recurso abulón en la Península de Baja California, dependiendo de esta actividad directa e indirectamente un gran número de familias con importantes ingresos ya que se trata de un producto muypreciado en los mercados internacionales y de gran valor comercial.

Actualmente las capturas de los años recientes han sufrido una fuerte reducción con respecto a las registradas hace 20 años. Esta situación, se ha discutido, puede deberse a efectos inducidos por factores diversos tales como estrategias inadecuadas de explotación, sobrexplotación, la posible afectación por cambios climáticos globales como el fenómeno de El Niño, así como a la captura ilegal.

Por lo anterior y con la finalidad de contribuir a resolver parte de la problemática y poder mantener una fuente de ingresos para estas familias, se han generado trabajos para ayudar a fomentar y desarrollar la actividad de cultivo de abulón en la región, principalmente a través de la aplicación de tecnologías que hagan viable técnica y económicamente dicha actividad.

FIRA-Banco de México, como Institución que contribuye a la generación de valor en las empresas de los productores del sector pesquero, se suma al esfuerzo que realizan los productores junto con otras instituciones como el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y el Instituto Nacional de la Pesca, por encontrar opciones tecnológicas que permitan hacer del abulón una actividad económica sustentable y en consecuencia que posibilite a los productores elevar su nivel de vida.

Para ello FIRA, a través de sus Programas de Capacitación y de Apoyo a la Adopción de Tecnología, canaliza recursos para la capacitación de productores y técnicos, así como para la validación y demostración de tecnologías para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales de una manera sustentable que mejoren la competitividad de las empresas

La presente edición es un esfuerzo conjunto de FIRA y el CIBNOR por dar a conocer las memorias del curso “El Abulón: su cultivo intensivo y de repoblamiento”, organizado por FIRA en 1998 y los resultados de tres años de trabajo del proyecto para desarrollar y adaptar a la región, biotecnologías de cultivo de abulón a nivel comercial, proyecto desarrollado coordinadamente por FIRA y la S.C.P.P. La Purísima, S.C.L.

Con la seguridad de que la información aquí vertida será de utilidad para la comunidad de productores, académicos y el sector gubernamental interesados en este importante recurso, hacemos patente nuestro agradecimiento a todas las personas que hicieron posible este esfuerzo.

Atentamente

Ing. Antonio Godina González
Residente de FIRA en el Estado
de Baja California Sur.

CONTENIDO

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA PESQUERÍA DE ABULÓN	1
<i>Daniel B. Lluch-Cota y Germán Ponce-Díaz</i>	
REPOBLAMIENTO DE ABULÓN	17
<i>Alfredo Salas-Garza</i>	
DESARROLLO DE UN MARCADOR GENÉTICO EN ABULÓN ROJO	29
<i>José Luis Stephano</i>	
MEJORAMIENTO GENÉTICO EN LA PRODUCCIÓN DE ABULÓN	31
<i>Ana María Ibarra-Humphries</i>	
LA NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE ABULÓN	49
<i>María Teresa Viana</i>	
CULTIVO INTENSIVO DEL ABULÓN	61
<i>Roberto A. Flores-Aguilar</i>	
EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO INTENSIVO Y USO DE ALIMENTO ARTIFICIAL EN ABULÓN	69
<i>Stephen Walker</i>	
UNIDAD DEMOSTRATIVA DE CULTIVO DE ABULÓN	73
RESULTADOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DEMOSTRATIVA	85

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA PESQUERÍA DE ABULÓN

Daniel B. Lluch-Cota¹ y Germán Ponce-Díaz^{1,2}

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo #195 Col. Playa Palo de Santa Rita. A.P. 128 La Paz, B.C.S. C.P. 23090. E-mail: dblluch@cibnor.mx ² Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas - IPN. Av. Instituto Politécnico Nacional s/n. La Paz, B.C.S. E-mail:gponce@cibnor.mx

Resumen

En el presente trabajo se aborda la situación de la pesquería de abulón en la costa occidental de la península de Baja California. Este análisis considera particularmente la productividad de la pesquería y su posible relación con la variabilidad climática regional. Se abordan a través de hipótesis de trabajo, elementos de relaciones entre captura y esfuerzo, modelación pesquera tradicional (Fox, Hilborn y Walters), la inclusión de la variabilidad ambiental en la modelación pesquera, las implicaciones para el manejo y repoblamiento de este importante recurso y por último una exploración de perspectivas sobre la pesquería en base a la variabilidad climática observada en la región de Punta Eugenia, B.C.S.

Introducción

La pesquería del abulón es la principal actividad económica de muchas comunidades de la costa occidental de la península de Baja California, gracias a la fuerte demanda y elevado valor comercial que el producto alcanza en los mercados internacionales. Los orígenes de la actividad en la región se remontan a mediados del siglo XIX, con operaciones de pesca realizadas por extranjeros y basadas en San Diego, California (Cox 1962, León y Muciño 1996). El desarrollo de la pesquería por parte de nacionales ocurre desde la década de los cuarentas, cuando se establecen las primeras organizaciones cooperativas. Desde entonces, y hasta la fecha, la actividad económica de los asentamientos humanos en la zona continúa dependiendo fuertemente de la explotación del recurso (Ortega *et al.*, 1998).

Esta situación es motivo de preocupación debido a que la tendencia al crecimiento poblacional de las comunidades se conjuntó con un fuerte decremento de los rendimientos de la pesquería registrado desde finales de la década de los setentas. Hasta la fecha esta disminución ha sido compensada en alguna medida por el incremento en los precios internacionales; no obstante, esta tendencia difícilmente será suficiente como para incrementar los ingresos de las organizaciones en la medida en la que se requiere. Adicionalmente, los niveles de producción se han mantenido relativamente bajos durante los últimos 20 años, sin que existan señales que permitan prever una recuperación a niveles equivalentes a los observados antes de este periodo.

La caída de los rendimientos de la pesquería, en combinación con las características del recurso; baja movilidad, alta vulnerabilidad y elevado valor económico, han llevado a diversos autores a plantear que el recurso ha sido sobreexplotado desde el punto de vista pesquero (Guzmán del Proo, 1994). Ello ha motivado diversos planteamientos para lograr la recuperación de las poblaciones, que van desde la aplicación de medidas de manejo hasta uno de los temas del presente foro: la posibilidad de incrementar la producción pesquera vía el repoblamiento.

En el presente trabajo se explora la hipótesis de que los niveles de explotación no han sido el único factor responsable de la caída de la pesquería de abulón; mas aún, que al menos parte de las causas radican en los efectos de la variabilidad del ambiente físico. Sin pretender invalidar o desalentar estas medidas, y de ser correctas, esta hipótesis tendría implicaciones tanto para el manejo pesquero como para los intentos de repoblamiento: esencialmente, significaría que las poblaciones de abulón, bajo las condiciones actuales, no podrían alcanzar los niveles previos

al colapso debido a que la capacidad porteadora del medio se encuentra en un nivel muy inferior al de los primeros tiempos de la pesquería.

Variabilidad climática regional

Diferentes pesquerías a nivel mundial han presentado grandes variaciones en los niveles de captura que difícilmente pueden ser atribuidos al efecto de la pesca. En algunas pesquerías es cada vez más claro y demostrable que el esfuerzo pesquero no puede ser el único responsable de las fluctuaciones en los niveles de captura (Lluch-Belda *et al.*, 1989). Una de las evidencias más robustas al respecto es la identificación de grandes fluctuaciones en poblaciones de importancia pesquera incluso en ausencia absoluta de esfuerzo pesquero. Este hecho, ligado a los resultados de algunos estudios que demuestran que cambios climáticos de poca intensidad, pero en periodos prolongados, pueden producir grandes y dramáticos cambios en la abundancia de las especies (ver Sharp y Csirke, 1983; Kawasaki *et al.*, 1991; Beukema *et al.*, 1990), obligan a considerar este enfoque en el análisis de las pesquerías.

A pesar de que la conexión entre clima y pesquerías es compleja y poco conocida (Everett *et al.*, 1996), se han documentado variaciones en el ecosistema que influyen directamente sobre algunas especies o indirectamente modificando la capacidad porteadora del medio: desestabilización de la trama trófica (p.e. Kawasaki *et al.*, 1991); dispersión y retención de larvas por cambios en los patrones de circulación (p.e. Binet, 1988); traslapamiento de áreas de distribución en especies con espectros ecológicos similares (p.e. Ntiba y Harding, 1993); efectividad de sistemas de enriquecimiento por surgencias por cambios ya sea en los vientos (p.e. Bakun, 1990, 1993) o en la profundidad de la capa de mezcla (Polovina *et al.*, 1994); distribución de las poblaciones y ubicación de los centros de distribución (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1991; Polovina, 1996); condiciones adecuadas para desove; etc.

La señal de los efectos de la variabilidad climática decadal en algunas poblaciones es dramática y consistente, por lo que han sido reconocidos y documentados ampliamente desde hace años (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1991, Kawasaki *et al.*, 1991; Crawford *et al.*, 1991, Francis y Sibley, 1991, Polovina *et al.*, 1995, etc.), aunque esto no ha sido particularmente abordado para especies bentónicas longevas (Vega *et al.*, 1996). Si bien existen algunos antecedentes de posibles efectos ambientales sobre las abundancias de langosta (Vega y Lluch-Cota, 1992) y abulón (p.e. Cox, 1962; Johnson, 1971; Tissot, 1990; Guzmán *et al.*, 1991, Guzmán, 1994; Vega *et al.*, 1994; Tegner, 1989) ante variaciones climáticas extremas e interanuales como tormentas y eventos ENSO, el efecto climático decadal ha sido escasamente abordado.

La Figura 1 intenta resumir la variabilidad interanual y de largo plazo observada en la zona central de la costa occidental de la península. Dicha variabilidad está dominada, en la escala interanual, por varios eventos El Niño y La Niña; algunos de ellos de gran intensidad.

La frecuencia de eventos no es constante a lo largo el periodo; por el contrario, es particularmente evidente que en las últimas décadas casi no se han presentado eventos tipo La Niña. Como se mencionó, estos eventos tienen efectos mayores en las comunidades macroalgales de las que el abulón depende, con efectos sobre estas poblaciones que hoy son bien reconocidos.

Adicionalmente, es evidente el cambio de régimen climático ocurrido a finales de los 1970's y ampliamente documentado para el Pacífico norte (Latiff y Barnett 1996; Polovina 1995). Regionalmente, se aprecia que la generalidad de los meses anteriores al cambio presentan anomalías negativas para el periodo considerado, lo que equivale a temperaturas del mar relativamente frías. Por el contrario, las anomalías positivas (temperaturas comparativamente cálidas) han sido la norma desde finales de los 1970's hasta la actualidad.

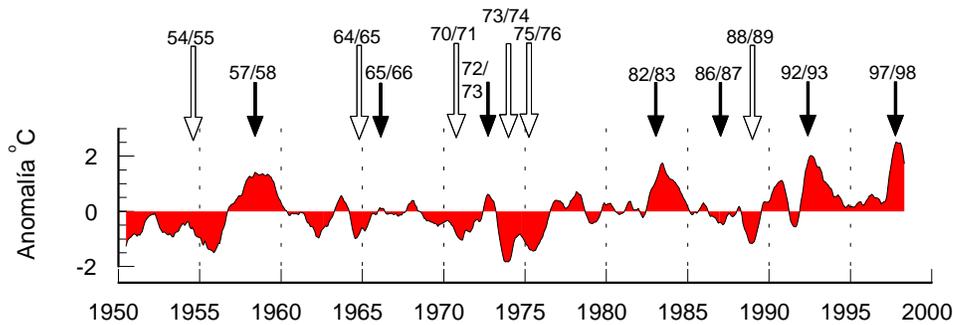


Figura 1. Serie de temperatura superficial del mar para un cuadrante de $1 \times 1^\circ$ centrado en Punta Eugenia, B.C.S. Las flechas negras indican los eventos El Niño registrados, las blancas corresponden a eventos La Niña.

Desarrollo histórico

La Figura 2 muestra la serie de capturas para la pesquería en su conjunto desde 1940 (modificado de León-Carballo y Muciño-Díaz 1996), y permite apreciar las diferentes etapas de la pesquería.

La primera es de desarrollo (1940-1960), caracterizada por muy altos niveles de producción (1950) pero también por grandes variaciones; atribuibles a los efectos de la Segunda Guerra Mundial sobre el mercado y al incipiente desarrollo de la pesquería en términos de número de equipos de pesca.

Enseguida se registró una etapa de estabilización (1960-1973), con niveles de producción elevados y relativamente estables que favorecieron el desarrollo de la generalidad de los actuales asentamientos humanos en torno de esta pesquería. En términos de regulación del esfuerzo, esta etapa coincide con la aplicación de un periodo de veda (enero-marzo) y el establecimiento de tallas mínimas de captura (León y Muciño 1995).

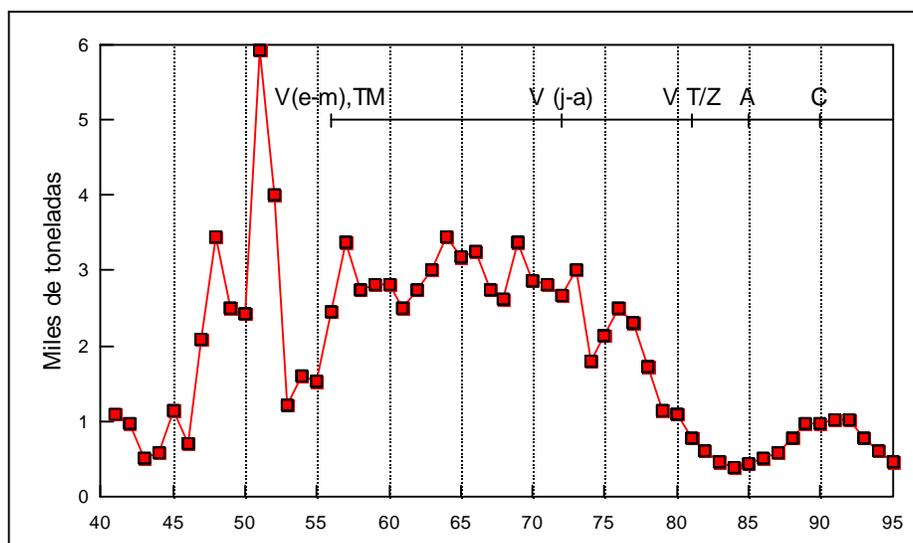


Figura 2. Serie de capturas de abulón (totales) y esquemas regulatorios aplicados (ver texto). Modificado de León y Muciño (1996).

La disminución de las capturas se presentó sostenidamente desde mediados de los setenta hasta su mínimo en 1984-85. Esta disminución se dió pese a que el régimen anterior de administración fué adecuado a partir de 1972, cuando la veda se cambia a los meses de verano (julio-agosto). Según León y Muciño (1996), esta modificación a la veda se habría hecho a fin de proteger a la población reproductora. Al respecto, se ha mencionado que el decremento se dió en una etapa de desorganización del sector que le impidió aplicar las medidas como vedas y tallas mínimas de captura, exacerbado por el disparo de los precios en el mercado que propició la captura de ejemplares de reducido tamaño.

La caída de la pesquería coincidió también con un cambio en la composición específica de las capturas, consistente en una fuerte disminución de la contribución relativa de *Haliotis corrugata* (abulón amarillo) y un incremento en la contribución de *H. fulgens* (abulón azul); es decir, la declinación obedeció mayormente a los decrementos de abulón amarillo. Lo anterior es de llamar la atención, ya que el abulón amarillo se distribuye a mayores profundidades que el azul (7-44 m contra 0-24 m respectivamente, Vega *et al.*, 1994). En otras palabras, la especie más afectada por el intenso esfuerzo de pesca aplicado en esta época es la que aparentemente presentaría una menor accesibilidad y a la que, por tanto, se supondría menos vulnerable.

El periodo reciente, dominado en las capturas por el abulón azul, se ha caracterizado por niveles sostenidamente menores que los registrados antes del colapso. Una primera medida tomada ante la caída en la producción fue la adecuación de las vedas y tallas mínimas en función de las zonas de pesca, lo que contribuyó a reducir el esfuerzo aplicado. Por la misma época, las propias organizaciones pesqueras realizaron diversos acuerdos internos tendientes a establecer medidas autoregulatorias adicionales a las oficiales, tales como vedas permanentes en determinadas zonas o bancos, rotación de bancos de pesca, reducción del esfuerzo aplicado y establecimiento de tallas superiores a las mínimas oficiales (León y Muciño 1996). La aplicación de estas medidas coincidió con cierta recuperación de los niveles de captura entre 1988-1993; no obstante, posteriores a esas temporadas las capturas registraron nuevos descensos.

Relaciones captura-esfuerzo

La Figura 3 muestra el comportamiento de la captura y los rendimientos totales en función del esfuerzo aplicado a esta pesquería. Puede observarse que ambas se apartan de lo que sería esperable bajo la premisa de que el único factor regulador de la población sean los niveles de extracción: en ambos casos, parece evidente que las relaciones antes y después de finales de la década de los 1970's se presentan a niveles diferentes. Esta situación también se registra, con desviaciones más o menos significativas, cuando se buscan las mismas relaciones para casos particulares, como los que se muestran en la Figura 4.

Puede apreciarse que con anterioridad a 1976 la relación observada se corresponde, en términos generales, con una situación de equilibrio en los términos que supone el modelo utilizado. En contraste, el periodo de declinación registrado entre 1976 y 1980 muestra que la captura disminuyó a pesar de que también bajó el esfuerzo aplicado. Con posterioridad a 1980, la relación captura-esfuerzo muestra nuevamente un comportamiento de equilibrio, pero con niveles de rendimiento muy inferiores a los registrados durante la primera etapa de la pesquería. Tanto la declinación anómala como la nueva estabilización a niveles de rendimiento inferiores no son esperables desde una perspectiva pesquera tradicional, y podrían deberse a otros factores que no son únicamente la pesca.

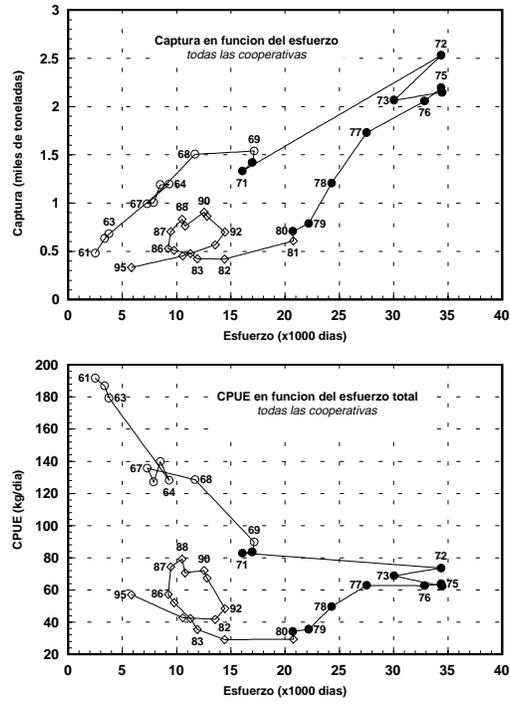


Figura 3. Relaciones captura-esfuerzo y captura-CPUE para la pesquería de abulón, totales.

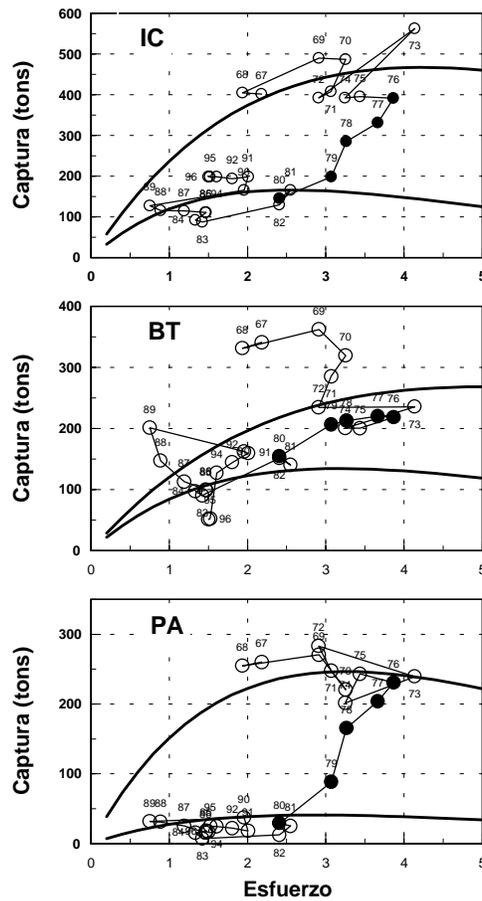


Figura 4. Relaciones captura-esfuerzo para tres organizaciones pesqueras seleccionadas por sus registros comparativamente largos.

MODELOS DINÁMICOS

En base a la dispersión de los datos en las relaciones esfuerzo pesquero - captura en la mayoría de las cooperativas y en el promedio de todas, es posible considerar dos niveles de relación coincidentes con ambas fases del régimen climático previamente mencionado: una relación o nivel hasta 1975 y otro desde 1981 y hasta la fecha. Partiendo de este supuesto, es posible aplicar modelos pesqueros con dos enfoques diferentes: uno, sin considerar el cambio de régimen, y el segundo, considerando únicamente el segundo periodo. En el caso de que la hipótesis del efecto del clima sea correcta, sería esperable que el segundo enfoque rindiera mejores resultados que el primero.

Los resultados de este enfoque se presentan en las Tablas 1 y 2, correspondientes a la aplicación del modelo de Fox y del modelo de biomasa dinámica de Hilborn y Walters (1992). En ambos casos es posible observar que los ajustes de los modelos son más robustos cuando se aplican al periodo cálido. En comparación con los resultados obtenidos al aplicar los modelos a la totalidad del periodo, los ajustes para el periodo cálido son indicativos de que la población de abulón después del cambio de régimen climático se desarrolló a niveles diferentes, claramente inferiores en términos de crecimiento poblacional.

En especial, los ajustes del modelo de biomasa dinámica son sugerentes de la validéz de la hipótesis planteada. Cuando el modelo se aplica en forma directa, sin considerar el efecto de la variabilidad ambiental, el ajuste tiene que explicar toda la variación de la serie suponiendo que lo único que cambia es el esfuerzo pesquero, ya que el modelo asume que la forma en que la población crece es constante. Como consecuencia, el cambio de abundancia que se observa en la pesquería tendría que deberse, en los términos señalados, exclusivamente a la cantidad que se pesca.

La Figura 5 muestra esta situación. Para el ajuste a todo el periodo, el modelo muestra una pesquería con rendimientos descendentes hasta la actualidad, a partir de niveles originales muy elevados, observados en la primera parte, que se asumen constantes. Esta visión, que corresponde con los planteamientos de una sobreexplotación pesquera del recurso abulón, no es compatible sin embargo con la recuperación de los rendimientos observada a finales de los 1980's y principios de los 1990's. De hecho, puede apreciarse que el periodo señalado corresponde con las mayores desviaciones del modelo. En contraste, el ajuste realizado considerando únicamente el periodo cálido permite reproducir mejor este comportamiento, lo que es indicativo de que, conforme a la hipótesis planteada, el nivel de equilibrio de la pesquería en las últimas décadas ha sido menor que el observado antes del cambio de régimen climático.

Tabla 1: Modelo de Fox

	IC	Total	Cálido
R2		0.067	0.382
RMS (Kg)		-294819	161164
CPUE (RMS)		33.30	67.03
Esfuerzo optimo		-8853	2404
CPUE Max		90.52	182.21
BT			
R2		0.042	0.198
RMS (Kg)		378905	144936
CPUE (RMS)		31.29	34.97
Esfuerzo optimo		12110	4145
CPUE Max		85.05	95.06
PA			
R2		0.612	0.137
RMS (Kg)		-32775	41464
CPUE (RMS)		10.10	14.62
Esfuerzo optimo		-3245	2835
CPUE Max		85.05	95.06

Tabla 2: Modelo de Hilborn y Walters (1992)

	1959-1996	1980-1996
IC		
Corr. coef.	-0.788	0.628
r	0.087	1.038
q	-0.000	0.000
B inf (kg)	-6, 602, 987	902, 205
Estimación de Biomasa 1968-70	2, 272, 000	
Estimación de Biomasa 1988-96		800, 000
BT		
Corr. coef.	0.147	0.567
r	0.151	0.505
q	0.000	0.000
B inf (kg)	6, 279, 546	631, 976
Estimación de Biomasa 1968-70	2, 253, 000	
Estimación de Biomasa 1988-96		704, 630
PA		
Corr. coef.	0.123	0.441
r	0.093	0.377
q	-0.000	0.000
B inf (kg)	-107, 663	462, 937
Estimación de Biomasa 1968-70	1, 039, 000	
Estimación de Biomasa 1988-96		369, 770
Datos combinados		
Corr. coef.	-0.590	0.829
r	0.111	1.154
q	0.000	0.000
B inf (kg)	110, 152, 822	1, 174, 665
Estimación de Biomasa 1968-70	25, 564, 000	
Estimación de Biomasa 1988-96		1, 874, 400

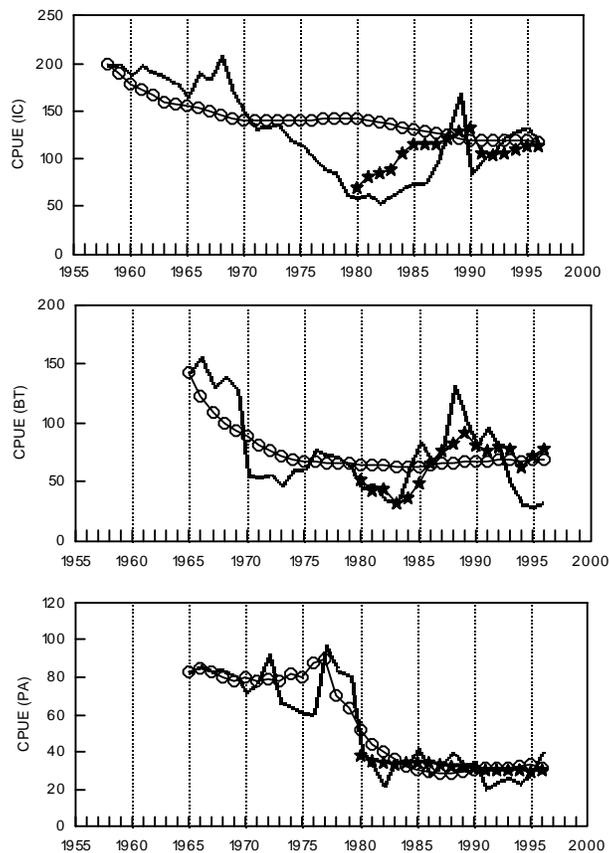


Figura 5. Resultados del ajuste del modelo de Hilborn y Walters (1992) a los datos de CPUE de tres cooperativas seleccionadas. Línea continua: Datos observados. Círculo: Ajuste para todo el periodo. Estrella: Ajuste para el periodo cálido.

Variabilidad interanual del abulón

Otra forma de investigar la hipótesis planteada sobre los efectos de la variabilidad ambiental se desprende de lo mencionado en apartados anteriores, en el sentido de que la aplicación del modelo en sí mismo, si bien considera los efectos del esfuerzo aplicado, no incluye en cambio ninguna consideración de la variabilidad ambiental. Por consiguiente, es posible aplicar el modelo y estimar sus desviaciones; es decir, temporadas en las que los rendimientos observados fueron claramente diferentes de lo que el modelo predice. Dichas desviaciones, de ser correcta la hipótesis, deberían estar relacionadas con algún indicador de cambios ambientales.

Los resultados de este enfoque para la totalidad de la pesquería se muestran en la Figura 6. Son evidentes dos periodos en los que los rendimientos fueron superiores a lo esperable desde el punto de vista pesquero: 1976-78 y 1987-91. El primero ocurre con posterioridad a dos periodos La Niña que ocurrieron prácticamente seguidos: 1973-74 y 1975-76, lo que determinó un periodo de varios años de anomalías negativas de la temperatura en la zona de estudio (véase Fig. 1). El segundo también se registra posterior al evento La Niña de 1988-89, que correspondió a uno de los más intensos registrados en las últimas décadas, tanto global (Díaz y Kiladis, 1992) como regionalmente (Lluch-Belda *et al.*, 1992).

La relación con los eventos El Niño también es aparente, aunque en el caso de 1982-83 no aparece igual de clara. Si bien es posible identificar bajos rendimientos en el periodo que incluye este evento, también es evidente que la baja había iniciado desde 1980. Por su parte, el periodo de bajos rendimientos de 1993 a 1996 se presenta posterior al evento de 1992-93, que culminó un calentamiento regional iniciado en 1990 (Salinas-Zavala *et al.*, 1992) (véase Fig. 1).

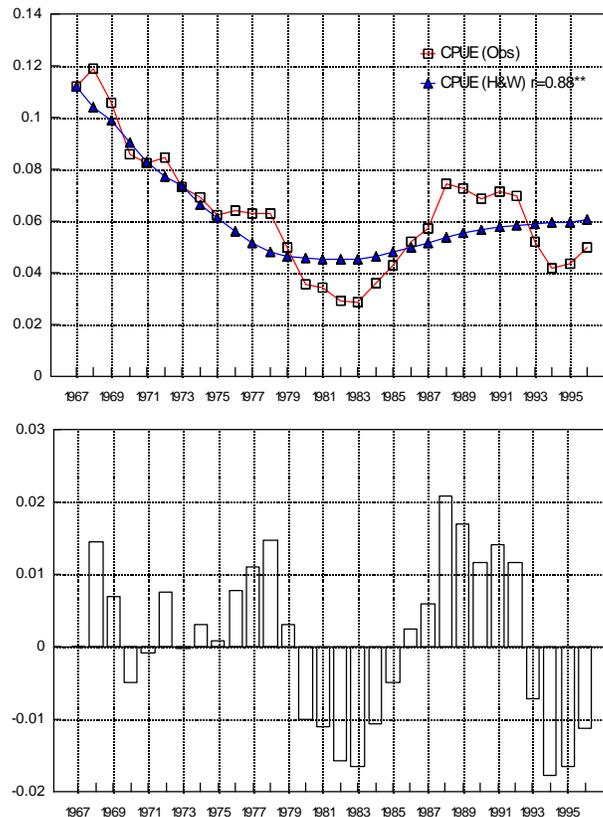


Figura 6. Ajuste del modelo de Hilborn y Walters (1992) al total de la pesquería y para todo el periodo (superior), y desviaciones del modelo (inferior). Nótese la existencia de dos periodos de altos rendimientos posteriores a eventos La Niña, así como periodos de bajos rendimientos aparentemente asociados a eventos El Niño (ver Fig. 1).

Más significativo aún, las desviaciones del modelo muestran coincidencia con los volúmenes de las cosechas comerciales de *Macrocystis* (Casas-Valdez *et al.*, 1996, Casas-Valdez en prep.). Esta relación se presenta en la Figura 7; son evidentes las tendencias comunes entre ambos recursos así como la señal de los eventos El Niño 82-83 y 97-98.

A este respecto, debe notarse que la cosecha de *Macrocystis* sólo puede ser considerada como un indicador muy grueso de los cambios reales en la abundancia del alga, ya que la explotación del recurso se realiza a bajos volúmenes que dependen más de la demanda internacional que de las existencias en el medio. Por lo tanto, es sólo en periodos de abundancias muy disminuídas cuando la producción muestra tendencias claras a la baja.

Tomando en cuenta lo anterior, el paralelismo entre los rendimientos de estos recursos refuerza la idea de que existen efectos de la variabilidad climática interanual no sólo sobre el abulón, sino sobre las especies clave de la comunidad en la que éste se desarrolla, tal como ha sido documentado por diversos autores (Vega *et al.*, 1992; Cox 1962; Johnson, 1960; 1971; Tissot, 1990; Guzmán *et al.*, 1991, Guzmán, 1994; Vega *et al.*, 1994; Tegner, 1989).

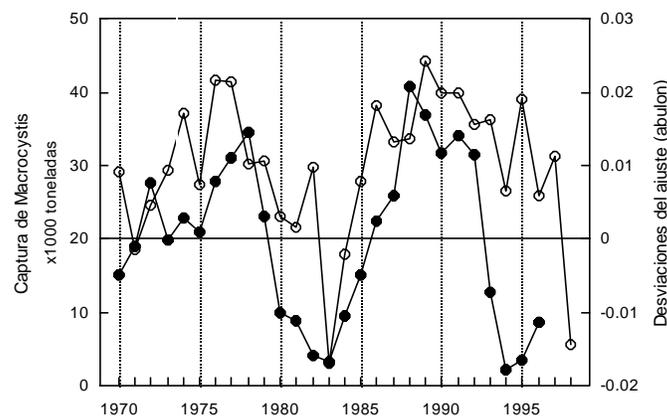


Figura 7. Cosecha comercial de *Macrocystis* (círculos blancos) y desviaciones del modelo para abulón (círculos oscuros). Los datos de *Macrocystis* hasta 1993 fueron tomados de Casas-Valdez *et al.* (1995), los posteriores vienen de Casas-Valdez en prep.

Aplicación de modelos modificados

Finalmente, es factible probar la hipótesis planteada incorporando a los modelos dinámicos la variabilidad ambiental. Esto se logra haciendo que los parámetros del modelo no sean constantes, sino una función de variables que reflejen el efecto del medio ambiente. Si la hipótesis es correcta, sería esperable que el modelo así parametrizado tuviera desviaciones menores respecto de los rendimientos observados que las desviaciones del modelo original.

Para abordar este aspecto, se realizaron las siguientes adecuaciones del modelo de Hilborn y Walters (1992), que en su forma original es como sigue:

$$B_t = B_{t-1} + r \cdot B_{t-1} \cdot [1 - B_{t-1}/B_\infty] - C_{t-1} \quad (1)$$

y

$$C_t = B_t \cdot q \cdot E_t \quad (2)$$

Donde:

B=Biomasa

r=tasa intrínseca de crecimiento poblacional

C=Captura
 E=Esfuerzo pesquero
 B_∞=Biomasa inicial
 q=Coefficiente de capturabilidad
 t=tiempo (en años)
 C_t/E_t=Captura por unidad de esfuerzo=CPUE_t

Se realizan las siguientes transformaciones con la finalidad de expresar el modelo en términos de captura y esfuerzo:

De (2) se obtiene: $CPUE_t/q = Bt$ y se sustituye en (1):

$$CPUE_t/q = CPUE_{t-1}/q + r * CPUE_{t-1}/q * [1 - CPUE_{t-1}/q / CPUE_{\infty} / q] - C_{t-1}$$

Multiplicando cada miembro de la expresión anterior por q:

$$CPUE_t = CPUE_{t-1} + r * CPUE_{t-1} * [1 - CPUE_{t-1}/CPUE_{\infty}] - q * C_{t-1}$$

$$CPUE_t = CPUE_{t-1} + r * CPUE_{t-1} - (r/CPUE_{\infty}) * (CPUE_{t-1})^2 - q * C_{t-1}$$

Obtenemos finalmente que:

$$CPUE_t = (1+r) * CPUE_{t-1} - (r/CPUE_{\infty}) * (CPUE_{t-1})^2 - q * C_{t-1} \quad (3)$$

La ecuación (3) está expresada en términos de CPUE al tiempo t y t-1, así como en función de la captura al tiempo t-1. Como podrá observarse, la ecuación es del tipo de regresión múltiple de tres variables: $Y = A_0 + A_1 * X_1 + A_2 * X_2 + A_3 * X_3$ donde las constantes de regresión pueden ser estimadas a través de cuadrados mínimos y representan:

$$A_0 = 0 \text{ (ordenada al origen igual a cero)}$$

$$A_1 = 1 + r$$

$$A_2 = r/CPUE_{\infty}$$

$$A_3 = -q$$

Hasta este punto (ecuación 3), lo único que se ha hecho es expresar el modelo en términos de CPUE, y que los tres parámetros involucrados ($CPUE_{\infty}$, r y q) son constantes y no variables en función de las condiciones ambientales. Esto se realizó asumiendo una relación lineal, quedando el modelo expresado en la siguiente forma:

$$CPUE_t = (1 + (a_r + b_r * SST)) * CPUE_{t-1} - (r / (a_k + b_k * SST)) * (CPUE_{t-1})^2 - (a_q + b_q * SST) * C_{t-1}$$

Donde se han substituido

$$r = a_r + b_r * SST$$

$$CPUE_{\infty} = a_k + b_k * SST$$

$$q = a_q + b_q * SST$$

Una vez replanteado el modelo en los términos descritos se procedió a ajustarlo por iteración para todo el periodo de estudio, utilizando los datos de captura y esfuerzo de la totalidad de la pesquería.

Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 8, junto con el ajuste del modelo realizado para la formulación original de Hilborn y Walters (1992). Puede apreciarse que si bien ambos modelos se ajustan bien a los datos, la variante que incluye el efecto de la temperatura del mar permite reproducir el comportamiento de la CPUE observada con mayor realismo. Nótese, por ejemplo, cómo el modelo modificado es más sensible al repunte y posterior colapso observado

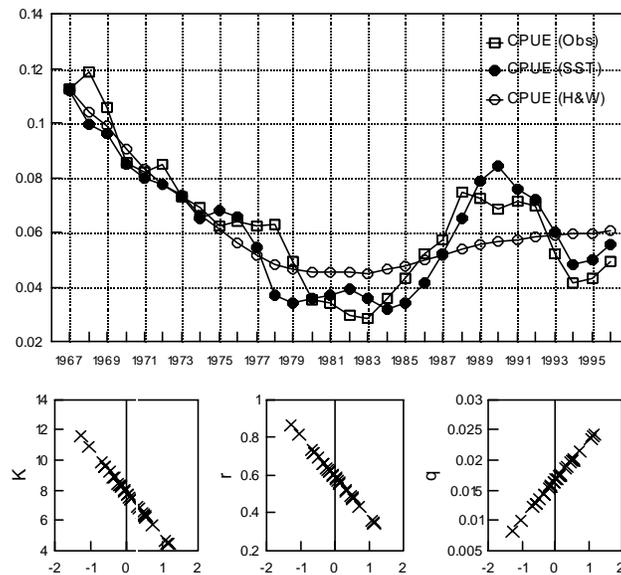


Figura 8. Ajuste del modelo de Hilborn y Walters (1992) original y modificado por temperatura (ver texto). Las gráficas inferiores corresponden a las relaciones asumidas entre la temperatura y los parámetros del modelo.

hacia finales de la década de los 1980's, mientras que la versión original del modelo no es capaz de reproducir dicho comportamiento.

No obstante, es preciso advertir que estos resultados son aún preliminares, siendo necesario abundar mucho más en el análisis antes de que pudiera considerarse una variante del modelo que resultara más adecuada con fines de manejo. Entre otras cosas sería necesario investigar más a fondo la posible relación entre la tasa intrínseca de crecimiento y la capacidad de carga del sistema en función de las condiciones ambientales; si bien la aproximación lineal utilizada parece promisoría, seguramente pueden proponerse y utilizarse otras formas de relación que sean más acordes con la teoría ecológica (p.e curvas gaussianas, etc.).

Adicionalmente, es claro que la temperatura superficial del mar no es la única variable que registró cambios importantes durante el cambio de régimen climático, por lo que otras variables ecológicamente relevantes también deberían ser consideradas (particularmente los niveles de surgencia). Finalmente, la versión del modelo que se presenta fué ajustada a los datos de captura total, por lo que habrá de evaluarse su desempeño ya en lo específico (*i.e.* con datos por zona de pesca y por especie).

Implicaciones para el manejo y repoblamiento

En todo caso, los resultados de los análisis realizados coinciden en que existe un efecto ambiental importante sobre las poblaciones de abulón, tanto en la escala interanual (especialmente asociados a los efectos de los eventos El Niño y La Niña) pero principalmente en la escala decadal. De ser correcta esta idea, es posible establecer un marco de referencia relacionados con las expectativas al corto y mediano plazo, sobre la base del conocimiento existente en torno de los mecanismos climáticos que influyen en el Pacífico norte en estas escalas de tiempo. Estas expectativas tendrían implicaciones, tanto en términos de lo que puede esperarse de la pesquería en cuanto a sus rendimientos como en las posibilidades de éxito de las acciones de repoblamiento que se puedan llevar a la práctica.

Para ello, se considera que tanto los rendimientos pesqueros como el éxito del repoblamiento dependerán de las características de la población existente, y en particular de una de ellas: la

biomasa máxima posible en el medio natural bajo determinadas circunstancias ambientales. A partir de los análisis realizados, es posible considerar escenarios potenciales de este parámetro, mismo que se presenta en la Figura 9.

Un primer escenario es que la población de abulón en la actualidad esté muy por debajo de su máximo nivel posible, como consecuencia de la explotación. Esta posibilidad está representada por el ajuste del modelo para todo el periodo y sin considerar la variabilidad ambiental. Este es el escenario bajo el cual se ha planteado la necesidad de disminuir en forma importante el esfuerzo pesquero, y de realizar repoblamiento que permitan una más rápida recuperación de la biomasa máxima posible.

Evidentemente, de ser este el caso, ambas recomendaciones serían necesarias para lograr un mejor manejo del recurso. Bajo este supuesto el repoblamiento debería ser particularmente exitoso, ya que los efectos de densodependencia (i.e. competencia intraespecífica) no se presentarían hasta etapas muy posteriores y a biomásas considerablemente mayores que las actuales.

Los dos escenarios alternativos derivan del uso del modelo parametrizado de manera que considere el efecto de la temperatura. Ninguno de estos es probable ni siquiera bajo la premisa del efecto ambiental, ya que se seleccionaron las combinaciones de parámetros K , r y q estimados durante el ajuste que resultan en la máxima y mínima biomásas posibles. Así, el valor más probable estará en medio de ambos estimados. Dado que los resultados del análisis son aún muy preliminares, por el momento no resulta conveniente establecer valores específicos.

En un extremo la biomasa máxima posible, si bien no sería tan elevada como la que predice el modelo original, probablemente sí correspondería a niveles muy superiores a los actuales. Este caso estaría representado por las condiciones frías que prevalecieron antes de la caída de la pesquería, y representarían un escenario muy favorable tanto para la recuperación de las poblaciones naturales como para acelerar este proceso mediante técnicas de repoblamiento.

El otro extremo, representado por las condiciones cálidas de los últimos años, corresponde a una biomasa máxima posible que se encontraría en un nivel muy inferior. Esto significaría que la capacidad porteadora del medio establecería un límite más o menos cercano a los beneficios potenciales del repoblamiento. En otras palabras: los mismos fenómenos ambientales que limitan los rendimientos de la pesquería tendrían efectos similares sobre los organismos introducidos.

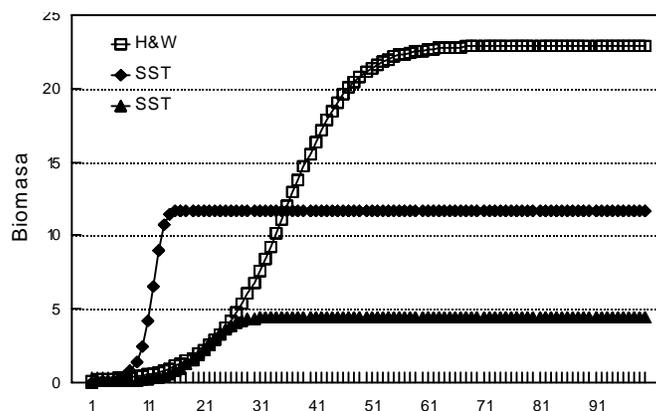


Figura 9. Estimación de biomasa máxima mediante el modelo de Hilborn y Walters (1992) y mediante el modelo modificado por temperatura (escenarios extremos).

Al menos al corto plazo, el panorama es moderadamente optimista: los pronósticos climáticos coinciden en anticipar el desarrollo de un evento La Niña durante el presente año (1999), si bien -hasta ahora- de intensidad moderada (Figura 10). En contraste, no existen a la fecha pronósticos del clima en escalas decadales, que según los resultados presentados son las más singificativas para el caso del abulón. No obstante, si existen hipótesis que, a falta de elementos más sólidos, deben ser consideradas aunque con todas las reservas del caso.

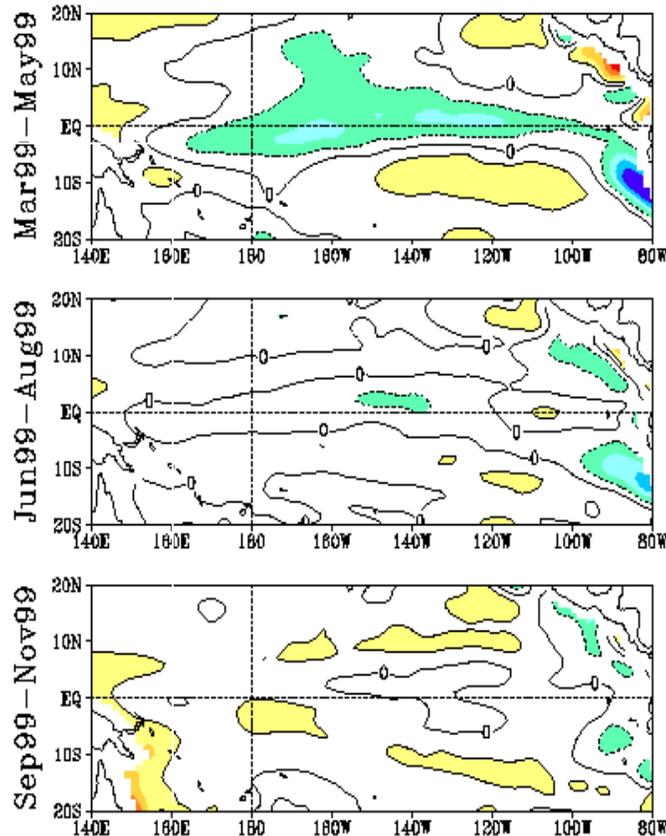


Figura 10. Pronóstico del Climatic Diagnostic Center (NOAA) sobre la presencia de condiciones La Niña para 1999; hasta este momento el escenario es de un evento moderado.

La principal de éstas se denomina la oscilación decadal del Pacífico norte (PDO), y supone que esta cuenca presenta una señal decadal dominante debido al tiempo que tardan las anomalías de contenido de calor del océano en completar un giro (Latiff y Barnet, 1994). De ser correcto, este mecanismo implicaría una regularidad que permitiría establecer pronósticos decadales preliminares: un ciclo completo correspondería a alrededor de 20 años. La serie del PDO se presenta en la Figura 11.

Tal como está definido, el índice está positivamente correlacionado con la temperatura a lo largo de la costa occidental de la península. Puede apreciarse el reciente periodo de valores positivos del índice a partir de mediados de principios de los 1980's, que corresponderían con temperaturas anómalamente cálidas en la zona de estudio y que, bajo la hipótesis planteada, habría determinado niveles de biomasa bajos para las poblaciones de abulón. La tendencia es a hacia valores negativos desde el máximo en 1982-83; de mantenerse, los próximos años corresponderían a un periodo comparativamente frío que, bajo la hipótesis planteada,

significarían buenas noticias en cuanto a un posible crecimiento de las poblaciones naturales así como a la factibilidad de tener éxito en los programas de repoblamiento.

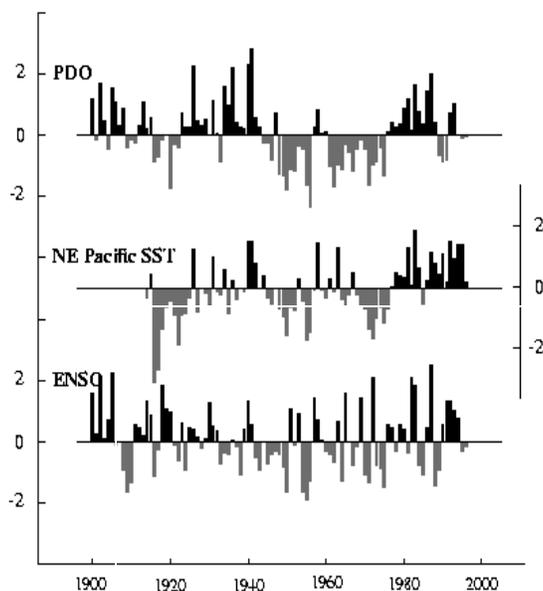


Figura 11. Series de tiempo de indicadores de clima en Pacífico Norte, la serie del PDO se muestra en el panel superior.

Bibliografía

- Bakun, A. 1990. Global Climate Change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, 247:198-201.
- Bakun, A. 1993. Global greenhouse effects, multidecadal wind trends, and potential impacts on coastal pelagic fish populations. *ICES Mar. Sci. Symp.*, 195:316-325.
- Beukema, J.L., W.J. Wolff and J.J.W.M. Brouns (eds.) 1990. Expected effects of climatic change on marine coastal ecosystem. In: *Developments in Hydrobiology 37*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 221 pp.
- Binet, D. 1988. Role possible d'une intensification des alizés sur le changement de répartition des sardines et sardinelles le long de la Côte ouest africaine. *Aquatic. Living Resour.*, 1:115-132.
- Cox, K. W. 1962. California abalones, family Haliotidae. Calif. Fish and Game. *Fish Bull.*, 118. 133 pp.
- Crawford R. M. J.; L. G. Underhill; L. V. Shannon; D. Lluch-Belda; W. R. Siegfried and C. A. Villacastin-Herrero. 1991. An empirical investigation of trans-oceanic linkages between areas of high abundance of sardine. In: Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi (eds.), *Long-term variability of pelagic fish population and their environmental*. Pergamon Press, 319-331.
- Everett, J., A. Krovnin, D. Lluch-Belda, E. Okemwa, H.A. Regier and J.P. Troadec. 1996. Fisheries. In: *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-technical Analyses*. Contribution of Working Group II to the Second Assessment

- Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson, R.T, M.C. Zinyowera, R.H. Moss and D.J. Dokken (Eds.). Cambridge University Press, 511-537.
- Francis, R. C. and T. H. Sibley. 1991. Climate Change and Fisheries: What are the real issues?. The Northwest Environmental Journal, Univ. of Washington, 7:295-307.
- Guzmán Del Prío, S.A., 1994. Biología, ecología y dinámica de la población del abulón (*Haliotis* spp) de Baja California. México. Tesis Doctoral, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México D.F.
- Guzmán Del Prío, S.A., D. Lluch-Belda, D.B. Lluch-Cota, S. Hernandez y C.A. Salinas Zavala., 1991. Efecto de cambios climáticos en la abundancia del abulón en la costa Pacífica de la Península de Baja California. Taller México-Australia sobre reclutamiento de recursos marinos bentónicos de la Península de Baja California (ms. unpublished).
- Hilborn, R. and C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall. New York. USA. 560 pp.
- Johnson, M. W., 1971. The Palinurid and Scyllarid lobster larvae of the tropical Eastern Pacific and their distribution as related to the prevailing hydrography. *Bull. Scripps. Inst. Ocean.* Vol. 19: 1-36 pp.
- Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi (eds.). 1991. Long-term variability of pelagic fish population and their environmental. Pergamon Press, Tokyo, Japan, 402 pp.
- Latif, M. and T. P. Barnett. 1994. Causes of decadal climate variability over the North Pacific and North America. *Science*, 266:634-637.
- León, C.G. and M. Muciño. 1996. Pesquería de abulón. p. 15-41. In: Casas V.M. and G. Ponce D., Eds. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur, Vol. I). SEMARNAP, Gobierno del Estado de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIB, CICIMAR-IPN, CRIP-INP, Cet del Mar La Paz. 350 pp.
- Lluch Belda D.; S. Hernández V.; D.B. Lluch C.; C.A. Salinas Z.; F. de Lachica B. y F. Magallón B. "La Variación Climática y Oceanográfica Global y algunos de sus efectos en el Noroeste Mexicano"; Ciencia y Desarrollo (CONACyT), XVII(98), mayo-junio 1991
- Lluch-Belda, D.; R.J.M. Crawford; T. Kawasaky; A.D. MacCall; R.H. Parrish; R.A. Schwartzlose y P.E. Smith; 1989. World-wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: The regime problem. *S. Afr. J. Mar. Sci.* 8: 195-205.
- Ntiba, M.J. and D. Harding. 1993. The food and the feeding habits of the long rough dab *Hippoglossoides platessoides* (Fabricius, 1780), in the North Sea. *Neth. J. Sea Res.*, 31:189-199. Ortega-Rubio A., A. Castellanos-Vera y D.B. Lluch-Cota. 1998. Sustainable development in a Mexican Biosphere Reserve: Salt production in Vizcaíno, Baja California (Mexico). *Natural Areas Journal* 18(1), 63-72.
- Polovina, J. J. 1996. Decadal variation in the trans-Pacific migration of northern bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) coherent with climate-induced change in prey abundance. *Fish. Oceanogr.* 5(2):114-119.
- Polovina, J. J.; G. T. Mitchum; N. E. Graham; M. P. Craig; E. E. Demartini and E. N. Flint. 1994. Physical and biological consequences of a climate event in the central North Pacific. *Fish. Oceanogr.* 3(1):15-21.

- Polovina, J.J.: G.T. Mitchum and G.T. Evans. 1995. Decadal and basin-scale variation in mixed layer depth and the impact on the biological production in the Central and North Pacific, 1960-88. *Deep -Sea Reseach* 42(10):1701-1716.
- Sharp, G.D. and J. Csirke (eds.). 1983. Proceedings of the Expert consultation to examine the changes in abundance and species composition of neritic fish resources, 18-29 April 1983, San José, Costa Rica. FAO Fish. Rep. Ser. Rome, 29(2-3): 1294 pp.
- Tegner, M. J. 1989. The California abalone fishery: Production, ecological interactions, and prospects for the future. In: J.F. Caddy, Ed. *Marine Invertebrates Fisheries: Their Assessment and Management* . Wiley, New York. 401-420.
- Tissot, B. N., 1990. El niño responsible for decline of black abalone off Southern California. *Hawaii Shell News* 38(6): 3-4.
- Vega V. A., G. Leon Carballo, y M. Muciño Díaz. 1994. Sinopsis de información biológica, pesquera y acuacultural de los abulones (*Haliotis* spp) de la Península de Baja California, México. 117 p. (convenio SEPESCA/CIBNOR).
- Vega V. A., D. Lluch-Belda, D. Muciño D., G. León C., S. Hernández-Vázquez, D.B. Lluch-Cota, M. Ramade V. and G. Espinoza C. 1996. Developement, perspectives and management of lobster and abalone fisheries off northwest México under a limited access system. In: *Proceedings of the 2nd World Fisheries Congress*. Brisbane, Australia. July 28th-August 2nd, 1996.
- Vega V.A., D.B. Lluch-Cota y C. Castro-Aguirre "Análisis de las fluctuaciones en los volúmenes de capturas de langosta en las principales áreas de pesca de Baja California Sur, y su relación con factores ambientales, durante el periodo 1970-1991", *Memorias del Taller México-Australia sobre Reclutamiento de Recursos Marinos Bentónicos de Baja California*, 191-212.

REPOBLAMIENTO DE ABULÓN

Alfredo Salas-Garza

Instituto de Investigaciones Oceanológicas, U.A.B.C., Ensenada, B.C.

Resumen

En ese trabajo, se analiza el concepto de repoblación, se lleva a cabo un diagnóstico de la misma y se enumeran diferentes estrategias de repoblación por manejo, por siembra y por actividades de cultivo. Se mencionan los aspectos relacionados al repoblamiento como la biología poblacional y aspectos ecológicos como el de la comunidad y hábitat en el entorno de esta actividad. Por último se repasan los antecedentes en otros países sobre este tema y lo que se ha hecho en México.

Concepto y Aplicación de la Repoblación

La demanda mundial de productos marinos cada vez es mayor y la consecuencia ha resultado en la sobrexplotación de un gran número de especies.

Las medidas normativas de regulación pesquera para la explotación de las especies, en muchas ocasiones **a pesar de ser las adecuadas estas no se cumplen**, por problemáticas presupuestales, organizativas, sociales, económicos, etc..

Las especies más vulnerables de ser sobrexplotadas generalmente son las de mayor valor económico.

CONCEPTO DE REPOBLACION

Repoblación, (mar o tierra), es el acto de reinstalar, reponer, acopiar o volver a poblar una área determinada, en la cual por diversos motivos, la densidad de individuos adultos y/o juveniles, o la biomasa de una especie, se ha reducido o desaparecido totalmente.

Poblar o Colonizar. A diferencia del anterior es cuando se trata de una área previamente no utilizada por la especie.

La actividad **de Repoblación**, es la siembra de organismos que se realiza en una área para ayudar a la recuperación de las poblaciones naturales.

La actividad de la repoblación no pretende únicamente la recuperación de los organismos liberados, ya que debe considerar la reproducción de los mismos antes de su captura, y por lo tanto un aporte de reclutas. Esto puede hacer la diferencia que permita que esta actividad sea rentable, cuando ese es su propósito.

La repoblación tiene sentido siempre y cuando las labores que se ejecuten tengan debido respaldo. No basta con imponer sanciones drásticas a los infractores de las normas de regulación, sino hay que dotar a los inspectores de los medios para velar su cumplimiento.

El manejo de los recursos es dinámico y está supeditado al desarrollo que se va produciendo en las pesquerías. Por eso el Sector Oficial (SEMARNAP) debe de promover en los Planes de Manejo el realizar todos los ajustes que se requieren.

Además del diseño de las **normas de administración pesquera**, se necesitan **los recursos económicos** que la aplicación de ellas requiere.

Cualquier actividad de repoblación debe de ser sustentada en el conocimiento de la especie y su relación con el medio ambiente.

Por lo tanto, es indispensable que **las políticas de manejo de los recursos, de repoblación o de acuicultura, sean producto y resultado de la investigación, para la cual se deben aplicar los recursos financieros necesarios.**

Las inversiones deben de ser consideradas a largo plazo y se justifican plenamente por el solo hecho de pretender mantener el excedente productivo, a fin de lograr la maximización del beneficio económico que se puede obtener de las pesquerías.

La ACUACULTURA es una alternativa relevante para obtener los organismos necesarios para repoblar y ayudar a la recuperación de estos recursos.

DIAGNÓSTICO

El concepto de Repoblación no incluye el método o estrategia para alcanzar el objetivo.

Para establecer la estrategia y/o el método es necesario en primer lugar enfocar adecuadamente el problema de la repoblación, para lo cual es necesario realizar un diagnóstico:

Area geográfica

La población o subpoblación puede estar muy deteriorada en un área pero no en otra. También las áreas pueden ser muy diferentes. Es necesario tener una buena descripción de la misma. Dimensiones, características, que tan heterogéneas, etc.

Análisis poblacional

La historia de vida de la especie, el análisis de la situación de su stock y su dinámica poblacional.

Análisis ecológico

Análisis del contexto comunitario (ecológico) en que se encuentra inserta la población.

Evaluación para repoblación

Es necesario hacer una minuciosa evaluación de la necesidad real de llevar a cabo la repoblación de la especie.

Factibilidad de repoblar

Considerando el conocimiento e información con que se cuenta, evaluar la factibilidad de realizar la repoblación, a fin de elaborar una o varias estrategias a seguir.

- i) El conocimiento científico y técnico. Copia, adecuación, innovación o desarrollo de paquetes tecnológicos foráneos o nacionales. La copia de paquetes tecnológicos es riesgosa y generalmente inadecuada debido a los diferentes ecosistemas que recibirán a los organismos en la repoblación.
- ii) Evaluación de la factibilidad ecológica o ambiental propia del área a repoblar; diferentes tipos de costas, componentes bióticos, interrelaciones biológicas, componentes abióticos.
- iii) Factibilidad económica de realizar la acción. Proyección de costos involucrados, mercado del recurso, capital necesario y disponible.
- iv) Aspectos legales de la acción propia de repoblación; concesiones, permisionarios, propiedad.
- v) Disponibilidad del personal científico y técnico capacitado y necesidades de capacitación.

Con estos elementos se llega a la conclusión de un Diagnóstico.

Estrategias

Generalmente y con base en el diagnóstico, podemos darnos cuenta de que no hay respuesta única al problema. Por lo menos podemos distinguir las siguientes estrategias alternativas para repoblar:

Repoblación por manejo:

- i) Manejo racional de las poblaciones naturales, de tal modo que los stocks no se agoten y frecuentemente se estén produciendo acciones naturales de repoblación, a través del potencial reproductivo de la población.
- ii) Manejo de áreas o poblaciones (subpoblaciones), de modo que se dejen descansar ciertas áreas (recuperación secuencial y/o alternada de las áreas), que puedan así repoblarse con juveniles y adultos y a su vez servir de fuente de propagación de larvas.

Repoblación por siembra:

- i) Acopio de adultos a ciertas áreas (sobrexplotadas) a fin de incrementar la reproducción.
- ii) Acopio de juveniles, provenientes de cultivos o de bancos naturales, con el fin de cosecharlos e incrementar el potencial reproductivo.

Repoblación a través de actividades de cultivos:

La producción de larvas de los cultivos además de servir para estos, el resto se dispersa y se incorpora a las poblaciones naturales. Los cultivos generalmente son importantes generadores de larvas y juveniles a poblaciones adyacentes y a veces a poblaciones distantes.

Acciones mixtas:

La repoblación puede ser o no por siembra, o puede ser por ambas, así como una combinación de las actividades descritas anteriormente.

Interacciones de una población intervenida por el hombre con otras poblaciones que pertenecen a su comunidad.

Para asegurar el éxito de una actividad de repoblación en una localidad dada, deben estudiarse los siguientes aspectos de la Biología Poblacional de la especie a repoblar y de la comunidad intervenida.

BIOLOGIA POBLACIONAL

- Estrategia reproductiva.
- Períodos de reclutamiento.
- Caracterización del habitat de los juveniles.
- Capacidad de dispersión de la larva.
- Alimentos consumidos y conducta alimentaria.
- Interacciones entre adultos y juveniles de esa especie.
- Densidad de reclutas apropiada a la disponibilidad de alimento del área elegida.
- Migración.

COMUNIDAD

- Determinación de la productividad del área y biomasa del alimento principal de la especie de interés.
- Identificación de los procesos denso-dependientes que regulan la densidad poblacional a las características de la comunidad intervenida.
- Función (rol) de la especie en la comunidad; sus relaciones tróficas presa-depredador y de competencia interespecífica.

Actividad de Repoblación (Antecedentes en otros países)

Los organismos utilizados en la repoblación generalmente son:

- Juveniles cuyo origen puede ser diverso.
- Juveniles producidos en el laboratorio (común).
- Juveniles extraídos del medio natural (ocasionalmente).
- Juveniles de larvas captadas con colectores del medio natural (poco común en abulón).

Una alternativa más que aún está en evaluación es el uso de larva competente, producida en el laboratorio.

Es necesario realizar investigación que nos permita conocer:

Habitat

◦ *Circulación de agua*

- a) Alta y/o intermedia energía océano abierto a semi-protégidos necesaria la remoción de basura y desechos, agua de buena calidad y evitar posibles afluentes de agua dulce.

◦ *Substrato*

- a) Rocoso, rocoso-arenoso, tepetate, canto rodado, etc.
- b) Topografía.
- c) La preferencia por el tipo de sustrato rocoso puede variar con el tamaño de la semilla que se siembre.

◦ *Protección*

- a) La protección será de mayor importancia para los abulones más pequeños.
- b) El habitat que le brinda protección puede ser diferente en la medida que el abulón crece.
- c) La protección podrán brindársela también organismos como el erizo y *Macrocystis*.

◦ *Alimento*

Es de hábitos nocturnos y su alimentación consiste principalmente de algas a la deriva. Su disponibilidad depende principalmente de su densidad, de las tormentas y corrientes.

- a) Bosques de Macroalgas (*Macrocystis*).
- b) Otras macroalgas

- *Depredadores*
 - a) Hombre (*Homo sapiens*).
 - b) Nutria (*Enhydra lutris*, casi extinta).
 - c) Peces ("vieja" *Scorpaenichthys* sp. y mantarayas *Myliobatis* sp.).
 - d) Pulpos (*Octopus* spp.).
 - e) Caracoles (*Kelletia* sp., *Cerastostoma* sp.).
 - f) Langosta (*Panulirus* sp.).
 - g) Cangrejos (*Cancer* spp., *Loxorhynchus* sp., *Taliepus* sp.).
 - h) Estrellas de mar (*Pisaster* spp.).

Tamaño de la semilla

- *Espectativa de vida*
 - a) Juveniles de menor tamaño son más fácilmente depredados.
 - b) A mayor tamaño = mayor posibilidad de sobrevivir.

Siembra de semilla de *Haliotis discus hannai* :

Longitud (mm)	Sobrevivencia (%)
15	17
21	33
40	60

- *Costo de mantenimiento en el laboratorio*
 - a) A mayor tamaño de semilla, el costo de mantenimiento en el laboratorio aumenta (espacio, alimento, mano de obra, etc).
- *Cultivo intermedio*

Consiste en introducir semilla pequeña al océano en artes de cultivo para disminuir los gastos de mantenimiento y a menor costo crecer los abulones, disminuir mano de obra, liberar espacio en el laboratorio y continuar la producción.

 - a) Se busca el tamaño de la semilla que optimiza la sobrevivencia de la semilla y baja el costo de mantenimiento.
 - b) De acuerdo al tamaño, en diferentes áreas los resultados de sobrevivencia de acuerdo al tamaño podrán ser diferentes.

Densidad de siembra

- *Tiempo/costo; representa diferentes niveles de densidad*

El manejo de la densidad representa riesgos. Se incrementa en número de semillas por unidad de siembra para disminuir costos. Las altas densidades de juveniles demandan mucho refugio, mucho alimento, atraen depredadores ya que los detectan más fácilmente = mortalidad masiva.

Densidad de abulones <i>H.discus hannai</i> m ² en varios sustratos (Saito,1965)		
Año	Sust. rocoso	Canto rodado
1961	22.9	6.1
1962	25.3	8.8
1963	19.2	8.7
1964	23.8	6.2

Estos valores son la media de 12 estaciones de muestreo

Epoca de siembra

- *Estacional: Saito (1984), encontró mejor sobrevivencia para la semilla de 20 mm sembrada en primavera y la de 30 mm para sembrar en otoño.*
 - Corrientes (y factores fisicoquímicos del agua).
 - Depredadores.
 - Calidad del alimento.

Técnicas de siembra

- *Manual: consume mucho tiempo, mucho esfuerzo, mayor número de personas y alto costo.*
- *Masiva: se incluye el uso de diferentes estructuras que permiten la siembra en altas densidades simultaneamente y con poco manejo.*

Son componentes que generalmente aportan sustrato, refugio y en ocasiones disposición temporal de alimento.

Estructuras de metal, sustratos de concreto, láminas de plástico, conchas, jaulas, condominios, estructuras mixtas.

Evaluación

Es fundamental para conocer la efectividad de la técnica empleada y la rentabilidad de la siembra.

- *Observación directa: este método demanda mucho tiempo, mucho esfuerzo y dinero. La topografía del suelo y el movimiento de los abulones la hace imposible y a mayor tiempo transcurrido es más limitada.*

◦ *Marcado*

Problemas en la duración, identificación o pérdida de la marca; Etiquetas que pueden ser de plástico, fibras sintéticas, metálicas, etc.

◦ *Movimiento del abulón*

- a) con la alimentación o dieta.
- i) abulón rojo con microalgas = concha turquesa.
- ii) algas cafés o verdes = concha verde o azul.
- iii) algas rojas = concha rojiza.

Estas marcas generalmente se pierden por la erosión de la concha con el tiempo. Se requieren semillas mayor de 25-30 mm y se pueden confundir con organismos silvestres debido a la gran variedad en la naturaleza o por incrustaciones.

◦ *Híbridos; tiene la ventaja de que hay pocos en la naturaleza, y que la heterocigocidad y el crecimiento podrían ser mayores*

◦ *Marcadores genéticos DNA*

Saito (1984), recapturas promedio del 5-10% después de 4-5 años, **apoyando** con pesquerías sobre los depredadores; pulpo y competidores; erizo.

Inowe (1976). Con cajas de alambre protectoras, en donde se **adaptaron** y luego se liberaron.

La sobrevivencia después de 1 año fue del 40%.

Sakamoto (1984), en un arrecife artificial obtuvo en 2 años un 13 %.

Davis (sin pub.), obtuvo sobrevivencias del 12 al 57% después de 6 meses, al utilizar condominios de concreto.

Repoblación en México (Baja California)

- Sector Cooperativo:

Liberación de larva.

Liberación de semilla.

- Sector Académico:

Estudio de repoblación con *Haliotis rufescens* , Punta Banda, B.C.

Siembra manual.

Siembra con lozas de concreto.

Evaluación.

Perspectivas y Conclusiones

- La mayoría de los trabajos de investigación experimentales referentes a la repoblación con larvas y juveniles de abulón se ha realizado a pequeña escala.
- Los resultados han sido muy variables y son afectados por la condición del abulón al liberarlo, su tamaño, técnica de siembra, habitat, disponibilidad de alimento y depredación.
- Existen evidencias que en algunas especies (*H. rubra*), su reclutamiento se da en lugares muy localizados, decenas de metros y no kilómetros.
- Ha habido repoblaciones exitosas.
- Tubo de polietileno de 4" x 2 pies, con dos líneas de perforaciones de 15mm para la circulación de agua y de color negro en su interior.
- Esta rodeada de mala de gallinero para prevenir acceso de grandes depredadores y sujetarla a las rocas en el sustrato. 200 juveniles en su interior que se salen entre el 1^{er} y el 3^{er} día.

Movements of the South african abalone (G.G. Newman, 1965)

Haliotis midae se mueve hasta 300 metros en 104 días y en 5 días algunos llegaron a moverse de 130 a 200 metros, esto con abulones marcados. En un año se movieron de 229 a 2433 metros, en promedio 1,080 metros. Abulones de 4.0 a 14 cm

Se marcaron 2,645 y se recuperaron 373 dentro de 10 a 558 días después: un 14%.

Su desaparición pudo deberse a:

- Mortalidad.
- Pérdida de marcas.
- Limitaciones en la intensidad de búsqueda.
- Se salió fuera del área experimental.

Dispersión de larva de *Haliotis laevigata* (Sheperd, et al., 1992)

En 24 segmentos continuos de 100 metros se evaluó el reclutamiento de juveniles de 2-3 meses de edad con 3 técnicas:

Succión, Anestésico y Búsqueda directa, las 2 primeras fueron las mejores y muy similares la última resultó poco efectiva.

La mortalidad parece ser independiente de la densidad

Las correlaciones entre la densidades y las variables del habitat sugieren mecanismos de dispersión de larvas y factores que afectan el reclutamiento; hay 3 diferentes fuentes de

variación: a) Amplitud del habitat incluye fronteras y topografía. b) Gradiente del reclutamiento de más a menos.

En lugares de oleaje y corrientes de baja energía, la dispersión de la larva puede ser muy localizada, pero aún en lugares de alta energía la dispersión puede verse restringida por corrientes, bosques algales, la topografía y el swell.

El asentamiento se puede dar preferentemente cerca de adultos por los rastros del mucus, pero hay evidencias de que esto no necesariamente se cumple. Estas diferencias pueden ser explicadas principalmente por los movimientos del agua y posibles diferencias de comportamiento larval entre especies de abulones.

Sheperd y Turner (1982)

Juveniles de *H. laevigata* y *H. scalaris*, de .5 a 5 mm se encontraron fuertemente restringidos a las algas marinas incrustantes.

Tres posibles modelos de sobre el comportamiento larvario pueden ser postulados

Tong y Moss, 1987

El uso de larva cultivada para repoblación de poblaciones naturales.

En Japón grandes esfuerzos para repoblar con juveniles de 10-70 mm desde los 60's.

El elevado costo de la producción de juveniles en el laboratorio, su comportamiento diferente al silvestre lo hace fácil presa de los depredadores, y disminuyen considerablemente sus tasas de recuperación, lo cual hace necesario plantear otra alternativa más natural y menos costosa: desarrollar técnicas de liberación de larvas para repoblación.

Larvas que fueron competentes a los 9 días se mantuvieron hasta los 13 días esperando un rápido asentamiento en presencia de sustrato apropiado.

300,000 larvas fueron transportadas en 2 bolsas de 20 litros y liberadas por buceo en un "canal" o poza, que se caracteriza por la presencia natural del abulón y su fauna y flora típicos del área incluyendo, el alga incrustante *Lithotamnium*, dos sitios cercanos fueron utilizados como controles. Semanas después se monitorearon con lupas iluminadas:

hasta 68 juv/m en el área experimental y 8/m en el área control.

Esta técnica necesita ser más desarrollada y probada, los resultados muestran que es efectiva para incrementar el número de juveniles en los bancos naturales.

Repoblación.

Kojima, 1981.

BIBLIOGRAFÍA

Davis, G. E, 1995. Recruitment of Juveniles Abalone (*Haliotis* spp.) Mesuared in Artificial Habitats. *Mar Freshwater Res.*, 46, 549-54.

Gary, C. B, 1970. Ecology of New Zealand Abalones, *Haliotis* Species (Mollusca: Gastropoda). *N.Z. Journal of marine and Freshwater Research* 6 (31): 246 – 58.

- Keesing, J., R. Grove-Jones y P. Tagg, 1995. Measuring Settlement Intensity of Abalone: Results of a Pilot Stud. *Mar. Freshwater Res.*, 1995 (Short Communication) 539-41.
- Kitada, S., Y. Taga y H. Kishino, 1992. Effectiveness of a stock enhancement program evaluated by a two-stage sampling survey of commercial landings. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, Vol. 49, 1992.
- Kojima, H. 1981. Mortality of Young Japanese Black Abalone *Haliotis discus discus* after transplanted. *Buletin. of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 47 (2), 151– 159.
- Kojima, H. 1995. Evaluation of Abalone Stock Enhancement through the Release of Hatchery-reared Seeds. *Mar. Freshwater Res.*, 46, 689-95.
- McCormick, T., K. Herbinson, T. S. Mill y J. Altick, 1994. A review of abalone seeding, possible significance and a new seeding device. *Bulletin of Marine Science*, 55(2-3): 680-693.
- Momma, H., Kobayashi, T., Sasaki, T., Sakamoto, T. y Murata, 1980. Results of abalone culture in shallow water on a rocky coast. I. Survival of laboratory cultured seed abalone (*Haliotis discus hannai*) when transplanted into concrete-beam cribs filled with rocks, *Suisan Zoshoku (The Aquiculture)*, 28, 59. (Translated by Mottet, M. G., in *Summaries of Japanese Papers on Hatchery Technology and Intermediate Rearing Facilities for Clams, Scallops, and Abalones*, State of Washington, Dept. Fish., Progr. Rep. No. 203, 19, 1984.
- Morse, A. N. y Morse, D. E., 1984. Recruitment and metamorphosis of *Haliotis* larvae induced by molecules uniquely available at the surfaces of crustose red algae. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 75, 191.
- Mottet, M. G., 1978. A review of the fishery of abalones. Technical Report No. 37. State of Washington. Department of fisheries. pp 1 – 81.
- Nash, W. J., J. Sanderson, J. Bridley, S. Dickson y B. Hislop. 1995. Post-larval Recruitment of Blacklip Abalone (*Haliotis rubra*) on Artificial Collectors in Southern Tasmania. *Mar. Freshwater Res.*, 46, 531-38.
- Newman, G. G., 1965. Movements of the South African Abalone *Haliotis midae*. Trigsurvey. Division of Sea Fisheries Investigational Report No. 56.
- Rhodes, R., 1993. World aquaculture situation and outlook, 1993: and overview. *Aquaculture Europe*. Vol 18 (2)
- Saito, K., 1979. Studies on Propagation of Ezo Abalone, *Haliotis discus hannai* Ino – I. Analysis of the Relationship between Transplantation and Catch in Funka Bay Coast. *Bull. Jap. Soc. Of Sc. Fish.* 45 (6) 695 – 704.
- Saito, K., 1984. Ocean ranching of abalones and scallops in nothern Japan, *Aquaculture*, 39, 361.
- Sakamoto, J., Tanaka, K. y Kobayashi, K., 1982. On the utilization of the marine enviroment for the intermediate culture of laboratory reared abalone seed, Chiba Ken Suisan Skikenjo Kenkyu Hokoku, *Chiba Perfect. Fish. Res. Lab. Rep.*, 40, 123. (Translated by Mottet, M. G., in *Summaries of Japanese Papers on Hatchery Technology and Intermediate Rearing Facilities for Clams, Scallops, and Abalones*, State of Washington, Dept. Fish., Progr. Rep. No. 203, 26, 1984.

- Seki, T. y M. Sano, 1998. An ecological basis for the restoration of abalone populations. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst. No.*, 60, 23 – 40.
- Shepherd, S.A. , D. Lowe y D. Partington, 1992. Studies on southern Australian abalone (genus *Haliotis*) XII: larval dispersal and recruitment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 164 247 – 260.
- Shepherd, S.A. y J.A. Turner, 1985. Studies on southern Australian abalone (genus *Haliotis*). VI. Habitat preference, abundance and predators of juveniles. *J. Exp. Biol. Ecol.*, Vol. 93, pp. 285 – 298.
- Shibui, T., 1971. Experimental Studies on the Predatory Animals of Young Abalones. *Bull. Jap. Soc. of Sc. Fish.* 37 (2) 1173 –1175.
- Tanaka, K., T. Tanaka, O. Ishida y T. Oba, 1986. On the distribution of swimming and deposited larvae of nursery ground of abalone at the southern coast off Chiba prefecture. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, Vol. 52, pp. 1525 – 1532.
- Tanaka, K., T. Tanaka, O. Ishida y T. Ohba, 1986. On the distribution of swimming and deposited larvae of nursery ground of abalone at the southern coast of Chiba Prefecture. *Bulletin. of the Japanese Society of Scientific Fisheries* Vol. 52 (9), 1525-1532.
- Tegner, M.J. y R. A. Butler, 1985. The survival and mortality of seeded and native red abalones, *Haliotis rufescens*, on the Palos Verdes Peninsula. *Calif. Fish Game*, , 73, 150.
- Tong, L. J., G. A. Moss y J. Illingworth, 1987. Enhancement of a natural population of the abalone, *Haliotis iris*, using cultured larvae. *Aquaculture*, 62: 67 – 72.
- Werner, I., S. Flothmann y G. Burnell, 1995. Behavior Studies on the mobility of two species of abalone (*Haliotis tuberculata* and *H. discus hannai*) on sand: Implications for reseeding programmes. *Mar. Freshwater Res.*, 46, 681-8.

DESARROLLO DE UN MARCADOR GENÉTICO EN ABULÓN ROJO

José Luis Stephano

Facultad de Ciencias, U.A.B.C., Ensenada, B.C.

El esfuerzo realizado para desarrollar un marcador genético que resulte útil para identificación de individuos y sea un implemento viable para verificar áreas repobladas; se ha enfocado a dos especies de importancia comercial: El abulón rojo y la almeja pismo, siendo en esta última especie en la cual tenemos mayores avances.

La metodología empleada consiste básicamente en la obtención de gametos mediante inducción al desove o mecánicamente, realizando insiciones en la gónada (almeja) y recuperándolos con una pipeta pasteur. Después de ser filtrados y lavados con agua de mar filtrada, se procede a la extracción de DNA con fenol- cloroformo, se precipita con etanol frío al 100% y cuantificamos en un espectrofotómetro a 260nm. En el termociclador realizamos el PCR (reacción de polimerasa en cadena) con la finalidad de amplificar el DNA, empleando 2 cebadores con secuencia conocida. En el caso de la almeja estamos trabajando con un cebador mitocondrial de 26pb y otro no específico de 14pb. Los productos de PCR son corridos en electroforesis de poliacrilamida al 5%, teñidos con bromuro de etidio y fotografiados con película blanco y negro. Las fotografías nos muestran el patrón de bandeo de cada individuo. Estos patrones son analizados mediante un scanner y graficados. Hasta el momento los 18 organismos trabajados en *T. stultorum*, muestran patrones de bandeo diferentes entre sí. Para comprobar la consistencia del método, realizamos diferentes extracciones de un mismo individuo; obteniendo patrones idénticos en los cuatro organismos en los que realizamos ésta prueba. Finalmente cuatro organismos (diferentes a los mencionados anteriormente) se fertilizaron y se corrieron muestras para obtener patrones de bandeo del mismo individuo fertilizado y no-fertilizado; y sólo en dos de ellos el patrón fué diferente. En éste punto se requiere hacer más experimentos, para saber si la diferencia se debe a que hay participación paterna o es un problema de manejo previo a la extracción.

En abulón falta trabajo; sin embargo, el método también funciona en ésta especie.

También se requiere continuidad para poder desarrollar algo útil y compromiso tanto del sector productivo como de investigación, un esfuerzo conjunto que permita llegar a conclusiones sólidas.

MEJORAMIENTO GENÉTICO EN LA PRODUCCIÓN DE ABULÓN

Ana María Ibarra-Humphries

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo #195
Col. Playa Palo de Santa Rita A.P. 128 C.P. 23090. E-mail: aibarra@cibnor.mx

Resumen

Con respecto al mejoramiento genético en la producción abulón, en este trabajo se hace una revisión de los aspectos de domesticación, del manejo de poblaciones el ciclo cerrado y de las limitaciones de este manejo en las que se puede incurrir en programas de repoblamiento. Se abordan temas de mejoramiento genético considerando como un proceso en el cual se mejora a una población en cautiverio a través de la selección y reproducción de los mejores individuos en cada generación. Se explican con diferentes ejemplos, los mecanismos de herencia de diferentes características de relevancia para efectos productivos. Se analizan diferentes métodos de mejoramiento genético, mencionando sus ventajas y desventajas asociados. Por último se analiza el tema de ploidía en abulón y se comentan sus ventajas.

INTRODUCCIÓN

En el medio de la acuicultura en general existe una falta de información sobre lo que significa un manejo y mejoramiento genético óptimo de las poblaciones en cautiverio, así como del impacto genético que puede tener un programa de repoblamiento en el que no se considera la constitución genética de la población en donde se siembran larvas o semillas, muchas veces producidas con números de reproductores inadecuados.

Debido a lo anterior, el propósito principal de la información que se provee en este documento es de sentar una base mínima de conocimiento para ser utilizado por personal de laboratorios y granjas de abulón que manejan ciclos cerrados, así como aquellos que están llevando a cabo programas de repoblamiento. Se espera que la información a continuación les permita tomar decisiones óptimas en el manejo de su población.

Domesticación

"Domesticación implica un proceso de selección no controlada, resultante de someter a un grupo de organismos a condiciones artificiales de cautiverio durante todo su ciclo de vida": Podemos hablar de domesticación de una especie cuando la llevamos de su medio natural o silvestre a cultivar en un medio artificial, y la reproducimos bajo esas condiciones por generaciones consecutivas. Durante esas generaciones consecutivas, las condiciones que utilizamos para su crecimiento en cautiverio no serán iguales a las condiciones naturales a las cuales la especie está adaptada en su medio, lo cual resultará en que algunos individuos no se adaptarán a esas nuevas y diferentes condiciones, y solo aquellos que sean capaces de sobrevivir y llegar a talla de reproductor aportarán progenies a la siguiente generación. Entonces, mientras que 'domesticación' no es sinónimo de 'selección', durante el proceso de domesticar a una especie ocurre una selección, pero en cierta forma podemos decir que es una forma de selección 'natural', ya que nosotros no tenemos control sobre ella.

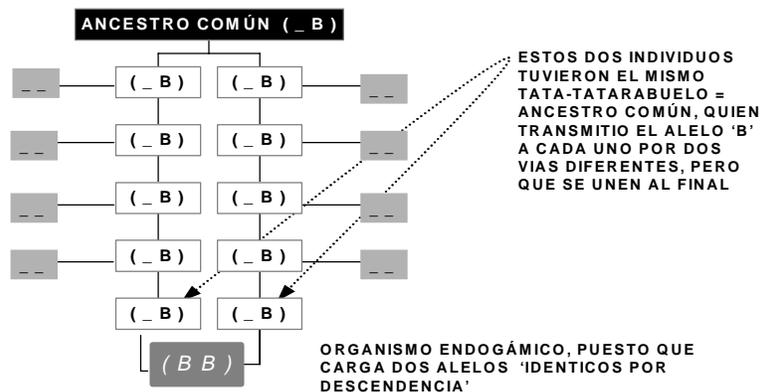
En el caso particular del abulón en México, a la fecha no existe la domesticación, ya que con quizás una excepción, no se manejan ciclos cerrados de producción. Mientras se utilicen reproductores silvestres para producir larvas y semilla en cada generación de producción, la domesticación no ocurrirá.

Una consecuencia directa de esta falta de domesticación del abulón, es que no se puede llevar a cabo el mejoramiento genético de la producción a través de la implementación de programas de selección, ya que esta depende del manejo de ciclos cerrados generación tras generación, de tal manera que la respuesta lograda en una generación sea transmitida a la siguiente generación.

Pero antes de continuar hablando de mejoramiento genético por selección, quizás será más importante hablar primero de que significa manejar óptimamente a las poblaciones en cautiverio, ya que esto es un requisito importante para mantener la capacidad productiva misma de las poblaciones en cautiverio.

Manejo óptimo de poblaciones en ciclo cerrado ó en cautiverio

Uno de los problemas más serios que un ciclo cerrado puede causar si no se maneja en forma adecuada es la pérdida de calidad de la población como consecuencia de la acumulación de endogamia, la cual se puede ver expresada en la productividad, tanto a nivel de características del reproductor (fecundidad, fertilidad) como de algunas características de la semilla producida (supervivencia, tamaño). Un organismo 'endogámico' se define como uno que porta alelos (=las diferentes formas que un gen puede tener) idénticos por descendencia, uno recibido de la madre y el otro del padre, pero en donde existe un ancestro común a la madre y padre.



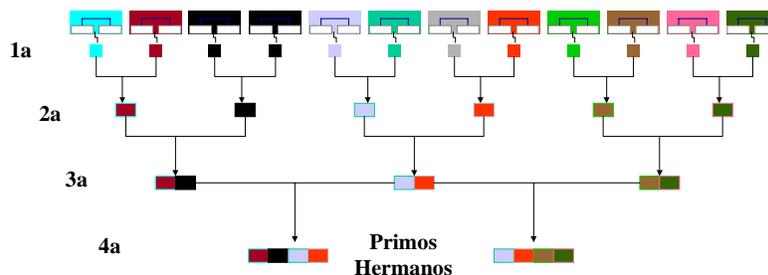
La causa de la pérdida de calidad en la población es debido a la pérdida de variabilidad genética en forma acelerada, causada por el incremento en endogamia (ó consanguinidad) en la población como conjunto. La endogamia en la población como un total puede ser medida o evaluada si estimamos la variabilidad genética de la misma a través de métodos de la genética poblacional, como es la estimación de la variabilidad en alozimas, ó microsatelites, por ejemplo. A nivel productivo, podemos evaluar los efectos de la endogamia si estimamos lo que se denomina como la 'depresión endogámica', que representa la pérdida o reducción en valor medio de alguna característica (por ejemplo, fecundidad, fertilidad, crecimiento) cuando comparamos con un grupo de individuos no endogámicos.

Pero ¿que causa la endogamia ó consanguinidad en una población cerrada? De hecho, la endogamia en poblaciones cerradas se puede considerar como una bomba de mecha corta ó de mecha larga, ya que en cuanto cerramos una población en cautiverio, la mecha se enciende, y dependerá de nosotros el haber previsto que la bomba tuviese una mecha larga y no una mecha corta. Podemos planear para una 'mecha larga' evitando un manejo inadecuado de la población desde el momento en que vamos a iniciar esa población si tomamos en cuenta los siguientes criterios:

- Iniciar con una población que esté compuesta por el máximo número de reproductores posibles (más de 100, 50 machos y 50 hembras). Mientras más reproductores inicialmente, más larga será la mecha.
- Conformando familias y manteniendo información de 'pedigríes' (registros de apareamientos y de parentescos).
- Utilizando al menos dos individuos de cada familia (un macho y una hembra) para con todos ellos producir la siguiente generación. Haciendo esto lograrán duplicar el número efectivo de reproductores.
- Llevar a cabo desoves controlados, esto es, de pares: un macho y una hembra no emparentados entre sí, o emparentados lo más lejano posible (primos terceros por ejemplo).
- Retener para la continuidad de la población en ciclo cerrado el mismo número de progenies de todas y cada una de las familias producidas. Los excedentes de semillas de algunas familias se pueden utilizar para producción-venta-mercadeo de semilla.

¿Por qué es importante el iniciar con un número de reproductores 'adecuado'? Para evitar el apareamiento entre individuos relacionados entre sí por parentesco en un corto plazo.

Acumulación de endogamia en poblaciones cerradas por apareamientos entre individuos relacionados



Aquí se puede ver que si adicionalmente sabemos quien está relacionado con quien al mantener un pedigrí, podemos evitar ese tipo de apareamientos entre individuos relacionados.

En acuicultura es común utilizar números desiguales de machos y hembras durante la reproducción. Es importante entender que 'lo común' no es necesariamente 'lo mejor', y la razón por la que se hace es por que existe la posibilidad debido a la alta fecundidad y al hecho de que la fertilización es externa para la mayor parte de especies acuícolas. Si pensamos en la reproducción de otros organismos como por ejemplo, pollo, vacas, puercos, un macho fertiliza a una hembra. El problema que este tipo de manejo causa es la reducción de la mecha que nos llevará a la endogamia. En la siguiente figura se denota la forma en que ustedes pueden estimar la tasa de acumulación de endogamia cuando utilizamos diferentes números de machos y hembras para producir la siguiente generación:

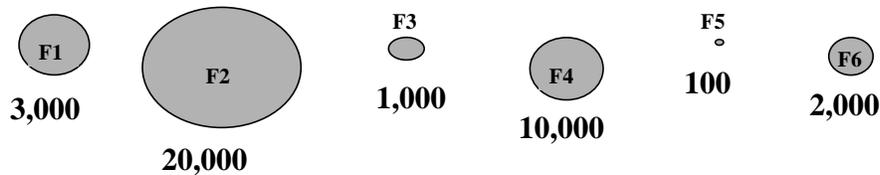
Estimación de la Tasa de Endogamia

$\Delta F = 1 / [2Ne]$	Tasa de endogamia acumulada por generación
$Ne = 4NmNf / Nm + Nf$	Número efectivo de reproductores cuando se utilizan diferentes números de machos y hembras
$\Delta F = 1/8Nm + 1/8Nf$	Tasa de endogamia acumulada por generación cuando se utilizan diferentes números de machos y hembras
$Ne = 8N / [Vm + Vf + 4]$	Número efectivo de reproductores cuando la variación en tamaño de familias es mayor que 0.

$$\Delta F = 1 / [2 * \{ 8N / [Vm + Vf + 4] \}]$$

Adicionalmente, en esta figura (tabla) podemos ver que el otro factor que podrá afectar la tasa de incremento de la endogamia es la variabilidad en el tamaño de familias (V_m =variabilidad en tamaño de familias de machos y V_f =variabilidad en tamaño de familias de hembras). ¿Por que ocurre esto?

¿ Cómo puede la variación en el tamaño de las familias producidas incrementar la endogamia ?



Con esta figura lo que podemos ver es que si retenemos familias con esos números tan desiguales, y no mantenemos a las familias por separado para saber quien es hermano de quien, cuando tengamos que escoger a los reproductores para producir la siguiente generación, la probabilidad de escoger solamente individuos de la familia 2 (F2) es mucho mayor que la probabilidad de escoger individuos de todas las otras familias. La consecuencia de esta alta probabilidad será que apareemos hermanos con hermanos, produciendo organismos endogámicos e incrementando así la endogamia - consanguinidad de la población.

En este momento es importante enfatizar que uno de los principales problemas en la acuicultura en cuanto a la acumulación de endogamia se debe al uso tan común de llevar a cabo desoves en masa. Cuando se utilizan desoves en masa, la acumulación de endogamia será la máxima, ya que con este tipo de desove no se conoce el número real de reproductores aportando progenies, no se conoce tampoco si hubo una misma aportación de machos y hembras, y finalmente no se conoce el tamaño de familia. Aunado a lo anterior, con este tipo de desoves se producen progenies relacionadas entre sí no solo como hermanos completos, sino múltiples medios hermanos.

Cuando el productor esta considerando cerrar su ciclo, la estrategia de apareamientos no debe ser desoves en masa. La alternativa es utilizar desoves en pares: un macho y una hembra, haciendo esto tantas veces como sea necesario para alcanzar un tamaño poblacional adecuado. Una vez que se obtengan las semillas de estos desoves individuales, si la

infraestructura disponible no permite mantener a cada familia por separado, el mismo número de semillas de cada una de las familias pueden ser mezclados y mantenidos hasta talla de reproductor para de ahí seleccionar a los reproductores que producirán la siguiente generación. Es importante entender que para mantener un pie de cría, no se requiere de retener cientos o miles de individuos por familia. La decisión de cuantos individuos por familia se deben retener dependerá de conocer cual es la supervivencia de talla de semilla a talla de reproductor bajo sus condiciones de cultivo. Recuerden que solo requerirán de un macho y una hembra por familia en talla de reproductor para volver a conformar nuevas familias. El resto de la semilla excedente por familia puede ser mantenido mezclado en tanques de cultivo, sin importar que se mezclen números desiguales de las diferentes familias, ya que esta semilla es lo que será producto de mercado, no parte del pie de cría.

En las dos tablas a continuación se ejemplifica cual sería el grado de endogamia acumulado en varias generaciones dependiendo del número de reproductores iniciales para conformar la población en cautiverio, así como cual sería la endogamia generacional en una población por utilizar diferentes números de machos y hembras. La endogamia es una probabilidad y por lo tanto 'no endogamia' tiene un valor de 0, mientras que el máximo de endogamia tiene un valor de 1 (ó de 100%).

Endogamia Acumulada Dependiente del Número de Reproductores

		NÚMERO DE GENERACIONES		
		5	10	20
REPRODUCTORES	NÚM. DE			
	2	76%	94%	100%
	20	12%	22%	40%
	50	5%	10%	18%
100	2%	5%	10%	

Tasa de incremento generacional de la endogamia dependiendo de N

NÚMERO DE HEMBRAS	NÚMERO DE MACHOS				
	1	3	5	25	50
1	0.25		0.150		
3		0.083		0.047	
5			0.050		0.027
25				0.010	
50					0.005

En estas tablas se puede ver que la endogamia que se acumula en una generación, se transmite a la siguiente generación.

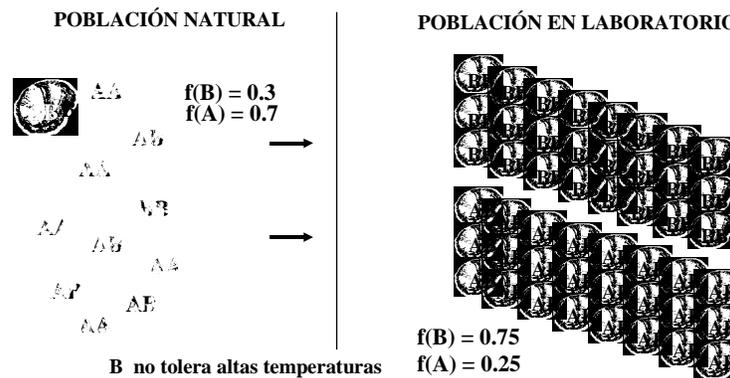
En conclusión, la endogamia en poblaciones cerradas ocurrirá tarde o temprano. Su ocurrencia y acumulación en alto grado la podemos reducir si entendemos las causas que la incrementan, y evitamos que esas causas ocurran en su máximo posible.

Efectos de manejo genético inadecuado en programas de repoblamiento

En forma general, el manejo inadecuado en este caso implica el uso de pocos reproductores y el producir larva o semilla de repoblamiento por medio de desoves en masa. Cuando estamos considerando un programa de repoblamiento, debemos de conocer la estructura genética de la población que pretendemos repoblar, de tal manera que no alteremos esa estructura genética con la introducción de semilla, ya que las poblaciones tienen una estructura genética que es resultado de procesos de adaptación y selección natural.

En el ejemplo siguiente se puede visualizar el efecto sobre una población natural cuando la semilla producida para repoblamiento se deriva de unos cuantos individuos tomados de la población silvestre, pero que por azares del destino, son individuos con genotipos raros o no comunes.

Las consecuencias en poblaciones naturales de usar pocos reproductores para repoblamiento



Podemos suponer que la selección natural mantiene la forma alélica B del gen de una enzima X en baja frecuencia por que se desnatura fácilmente a altas temperaturas. Cuando llevamos al laboratorio unos cuantos reproductores para producir semilla y repoblar esa población, quizás estamos llevando por azar individuos portadores de esa forma alélica (BB) en mayor proporción que la forma más común (AA). Cuando reproducimos esos individuos y llevamos esas semillas producidas de ellos a la población natural, vamos a alterar la frecuencia de ocurrencia de esa forma alélica rara (B) en la población natural.

El incremento en la frecuencia de esa forma alélica del gen en la población natural puede resultar en una disminución de la capacidad adaptativa de la población ante condiciones adversas, como por ejemplo, esas asociadas a eventos de calentamiento (El Niño).

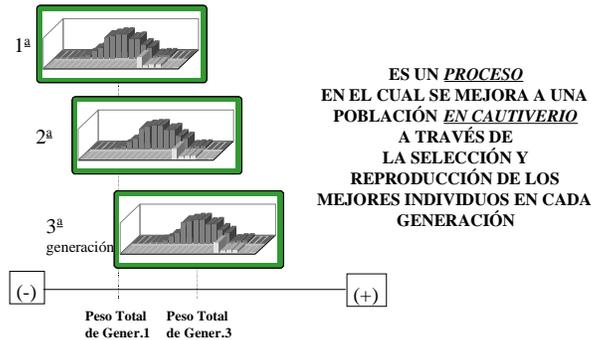
Pero entonces, ¿cómo cumplir con requerimientos de la misma SEMARNAP en cuanto a tener que hacer 'repoblamiento'? Evaluando a sus poblaciones naturales para conocer su constitución genética de manera que puedan planear sus programas de repoblamiento, introduciendo semilla cuya constitución genética no difiera de la población natural.

Hasta este momento hemos hablado solamente de Manejo Genético Adecuado de Poblaciones. El tema siguiente es uno de aplicación práctica, pero sustentado en un manejo genético adecuado, así como en el uso de metodologías derivadas de la genética cuantitativa para lograr incrementar la producción de su especie en cultivo.

Mejoramiento Genético

A diferencia de la 'domesticación', el mejoramiento genético sí implica un proceso de selección *por evaluación* de la población en cautiverio para decidir quién aportará progenies a la siguiente generación. Solo los mejores lo harán, el resto será producto de mercado.

¿ Qué es el Mejoramiento Genético ?



Pero, ¿que se requiere mejorar?. Definitivamente nos interesa mejorar el crecimiento puesto que es la característica que mayor impacto tendrá sobre la productividad de nuestro sistema de cultivo. Otras características que nos interesa mejorar son por ejemplo la conversión alimenticia, la supervivencia en engorda, etc.

¿Que determina cuanto crecen, que tan eficientes son en su conversión alimenticia, y que tan resistentes son? ¿Podemos encontrar 'un gen' que sea el que determina cada una de estas características en forma única? La respuesta es definitivamente no. Estas características (fenotípicas) son el resultado de la suma de pequeños efectos individuales de múltiples genes participando en producir ese fenotipo particular. El conjunto de genes que participa en producir un fenotipo específico se denomina como EL GENOTIPO.

Este tipo de caracteres productivos, cuyo genotipo está determinado por un número 'x' de genes, se denominan caracteres 'cuantitativos' por que el fenotipo resultante del genotipo solo puede ser definido cuando se cuantifica (se mide o se pesa), y también se denominan 'poligénicos' o 'multigénicos' por ser el resultado de la acción combinada de efectos de muchos genes.

¿Cómo difiere un caracter de este tipo con, por ejemplo, un caracter cualitativo ó Mendeliano? Principalmente en que en un caracter cuantitativo el genotipo no es deducible del fenotipo resultante, a pesar de que en ambos casos el fenotipo es resultado del genotipo.

En los dos ejemplos a continuación se ven las diferencias entre un caracter cualitativo o Mendeliano como el color, y un caracter cuantitativo como por ejemplo el crecimiento.

Un caracter cuantitativo como lo es el crecimiento, está genéticamente determinado por la acción múltiple de varios genes, cuyos efectos agregados producen el fenotipo que observamos. Este tipo de caracteres no los estudiamos por segregación como los Mendelianos, ni podemos decir cuales o cuantos son los genes que participan en producir ese fenotipo. Por otro lado, si podemos deducir cual es la influencia del genotipo en determinar ese fenotipo.

Cuando los fenotipos de una muestra significativa de una población son evaluados, estos aproximan una distribución normal con múltiples clases, en donde los genotipos de diferentes individuos se sobrepone a otros genotipos debido a que adicionalmente al genotipo, estos caracteres son influenciados en su expresión fenotípica por el medio ambiente en que se desarrolla la población.

Por ejemplo, un Caracter Mendeliano, con un solo gen involucrado en la determinación del fenotipo.
 La deducción del genotipo del color por observación del fenotipo es directa.

FENOTIPO :	Color Oscuro	Color Diluido	Color Blanco
			
GENOTIPO :	(A / A) y (A / a)	(a / a)	Dominancia completa
			
GENOTIPO :	(A / A)	(A / a)	(a / a)

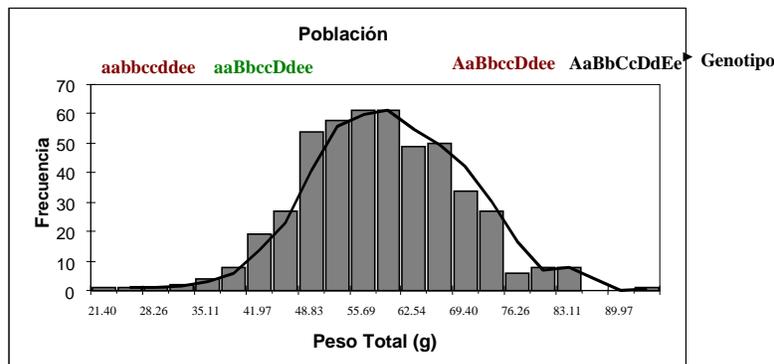
Un caracter **NO** Mendeliano :
 Por ejemplo , el crecimiento

			
FENOTIPO:	'GRANDE' ????	'CHICO' ????	NO
FENOTIPO =	420 g	210 g	SÍ
GENOTIPO ?	A/A B/B ??	a / a b / b ??	

QUE MAS QUISIERAMOS, PERO **NO** ES ASÍ DE SIMPLE!

Entonces, el fenotipo del crecimiento por ejemplo esta dado por:

Los fenotipos de los caracteres cuantitativos aproximan una distribución normal, con múltiples clases, en donde los genotipos se sobrelapan unos con otros, observandose solamente múltiples clases fenotípicas



FENOTIPO = GENOTIPO + MEDIO AMBIENTE

A continuación se denota un ejemplo de un caracter cuantitativo, como por ejemplo el crecimiento. El genotipo puede estar compuesto por decenas ó centenas de genes involucrados en todos los procesos fisiológicos que participan en el crecimiento, pero aquí ejemplificamos solamente unos cuantos genes, y como aunque conociéramos cuales son esos genes, tendríamos que conocer también la cantidad de producto asociado a cada gen, así como la importancia relativa de cada producto (enzima, hormona, proteína) en el fenotipo resultante después de que todos los genes dieron su contribución.

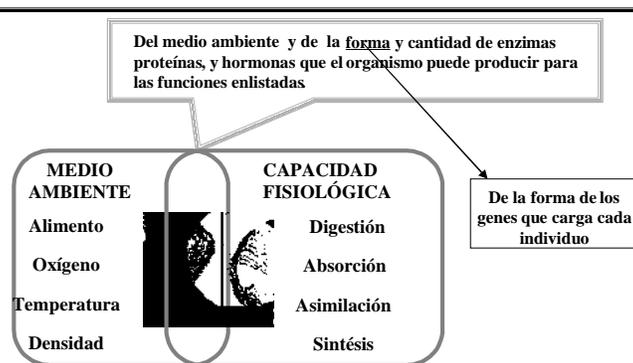
Un Ejemplo Hipotético de un Caracter Cuantitativo, con al menos 5 genes involucrados en la determinación del fenotipo, y cada uno con una participación porcentual o relativa diferente en el fenotipo medido.

GENOTIPOS	Participación relativa por gen		Cantidad de Producto del Gen	
	Animal 1	Animal 2	Animal 1	Animal 2
Gen 1 (A A) (A A)	Gen 1 (10%)	100%	100%	
Gen 2 (B b) (B B)	Gen 2 (10%)	50%	100%	
Gen 3 (C C) (C C)	Gen 3 (20%)	100%	100%	
Gen 4 (D D) (D D)	Gen 4 (10%)	100%	100%	
Gen 5 (E E) (E e)	Gen 5 (50%)	100%	50%	
FENOTIPO:			(420 g)	(210 g)

Las letras mayuscula o minuscula representan diferentes formas que un gen puede tener

En el caso específico del crecimiento es quizás más fácil el poder entender que múltiples y diversos factores intervienen para que un organismo alcance una talla ó un peso determinado.

¿ De que depende el crecimiento ?



En la figura anterior se puede ver que es imposible evaluar a cada individuo en una población para cada una de esas funciones específicas de manera que podamos definir cuales son los mejores y reproducirlos para conformar la siguiente generación. Lo que sí es posible es el evaluar al conjunto de individuos de la población para el resultado final del crecimiento, esto es, para su talla o su peso. Aquellos individuos con el mayor peso o talla serán los individuos con el 'mejor genotipo' dentro de esa población.

Es importante aclarar que las evaluaciones para seleccionar individuos son y deben ser dentro de una misma población. La razón de esto es que el medio ambiente al que han sido sometidos estos individuos es el mismo para todos, en teoría afectándoles a todos en la misma dirección.

En otra población el medio ambiente puede estar teniendo una influencia mayor o menor en el fenotipo observado, de tal manera que las comparaciones entre individuos de diferentes poblaciones no son válidas.

En conclusión, los caracteres cuantitativos están genéticamente determinados como cualquier carácter simple o Mendeliano está genéticamente determinado. La diferencia fundamental entre estos dos tipos de caracteres es que en los primeros el genotipo asociado al fenotipo está determinado por un número 'X' de genes, y no solamente 1 ó 2 genes como los caracteres Mendelianos. Finalmente, debido a que la participación de cada gen en un carácter cuantitativo es pequeña en relación al total aportado por todos los genes involucrados, la segregación individual de cada gen participante no puede ser estudiada.

La selección

La selección implica la evaluación de la población en cultivo para decidir quien se reproduce y aporta progenie a la siguiente generación. En forma simple, el fundamento de la selección es que si nosotros solo reproducimos a los individuos que muestran un fenotipo 'superior' y con ellos producimos la siguiente generación, las formas alélicas de los genes involucrados en crecimiento que serán pasadas a las siguientes generaciones son 'las mejores', esto es, son las que producen el mejor fenotipo para esa característica.

Pero si lo anterior es cierto, ¿por que no obtenemos solamente progenies 'superiores' cuando utilizamos progenitores 'superiores'? La primer causa es que durante la reproducción, que es cuando ocurre la transmisión de esas formas alélicas de los genes, ocurre una segregación asociada a la formación de gametos que deben de ser haploides (portan un juego completo de todos los cromosomas) para poder restaurar el número diploide en el cigoto. Esto significa que lo que un individuo pasa a la siguiente generación no es idéntico a lo que el mismo portaba en su genotipo. La segunda causa es que el medio ambiente puede producir una desviación (positiva o negativa) en el valor real (genotípico) del individuo, de manera que algunos individuos seleccionados son seleccionados quizás por que el medio ambiente favoreció su valor fenotípico, el cual no corresponderá estrechamente a su valor genotípico resultado de su genotipo.

Pero entonces, si no conocemos el genotipo, ¿cómo podemos saber que estamos realmente seleccionando a lo mejor para lograr un mejoramiento genético?. Lo hacemos a través del fenotipo, pero buscamos evaluar al fenotipo de la manera más precisa posible. Recordemos que: $FENOTIPO = GENOTIPO + MEDIO\ AMBIENTE$. Entonces, lo que tenemos que reducir es el error causado en el valor fenotípico del individuo por los efectos del medio ambiente sobre la expresión del genotipo de ese individuo.

Métodos de Mejoramiento Genético por Selección

Dentro de la selección como método de mejoramiento genético, existen diferentes formas de evaluar el fenotipo de los individuos en la población en cultivo, cada una de las cuales conlleva a lograr diferentes resultados con la selección.

La estructuración de la población en forma de grupos de individuos relacionados, como por ejemplo, la conformación de familias, permite mantener la endogamia a un mínimo siempre y cuando se mantenga la información de pedigríes, esto es, ¿quien está relacionado con quién?, y en que grado, para así evitar los apareamientos entre individuos cercanamente relacionados por parentesco. Adicionalmente, la estructuración en forma de familias permite evaluar el fenotipo de los individuos no solamente por su propio fenotipo, sino también por el fenotipo medio de la familia a la que este pertenece. Esto es intuitivo, ya que todos sabemos que nos

Métodos de Mejoramiento Genético

SELECCIÓN SIN ESTRUCTURA FAMILIAR

Selección EN MASA

SELECCIÓN CON MÍNIMA ESTRUCTURA FAMILIAR

Selección Individual

SELECCIÓN CON ESTRUCTURA FAMILIAR

Selección ENTRE FAMILIAS

Selección DENTRO DE FAMILIAS

Selección COMBINADA e Índices de Selección

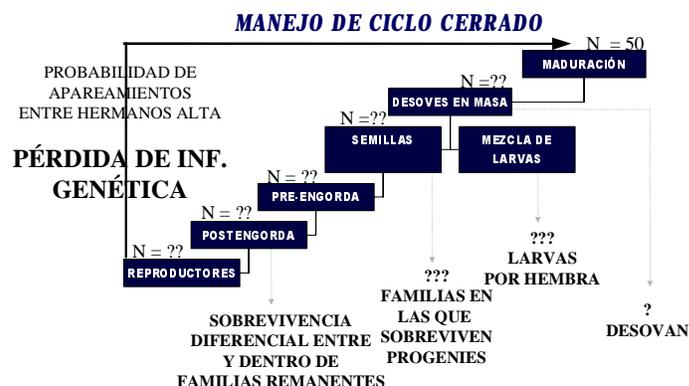
parecemos más a nuestros hermanos que a otros individuos no relacionados con nosotros, y por lo tanto el fenotipo medio de nuestros hermanos puede ayudar a incrementar la precisión con la cual se evalúa nuestro propio fenotipo.

El parecido con nuestros hermanos no es coincidencia, es genética. Nos parecemos a nuestros hermanos porque en promedio compartimos con ellos un 50% de las formas alélicas de los genes que producen ese fenotipo en el que nos parecemos. Entonces, volvemos a recalcar, el fenotipo es consecuencia del genotipo, el cual los hermanos comparten en cierto grado por que la herencia de caracteres cuantitativos se apega a las leyes de la herencia.

Selección en Masa, sin estructura familiar: No existe ninguna duda que con este método podemos lograr un mejoramiento de la población en cautiverio, pero también podemos lograr un incremento acelerado en la tasa de endogamia. Esto se debe a que en la acuicultura especialmente, se ha supuesto que 'selección en masa' es sinónimo de 'desoves en masa'. Aún cuando los desoves no son 'en masa', existen otros problemas cuando no se maneja una estructura familiar, como sería el del tamaño de familia. Si el número de progenies producidas por todos los apareamientos en pares de todas las familias no es ajustado a ser igual, esto resultará en algunas familias teniendo mayor contribución en progenies que otras, lo cual hemos visto anteriormente que es una de las causas principales para incrementar la endogamia en forma acelerada en poblaciones cerradas.

En el siguiente diagrama se ejemplifican los pasos en donde según el manejo realizado, la endogamia podrá acumularse.

Mejoramiento Genético con Intención de Corto Plazo: Selección 'en Masa'



Selección Individual, con Mínima Estructura Familiar: En este caso, la selección también es sobre el valor de cada individuo únicamente, pero la diferencia con el método anterior es que en este se llevan a cabo desoves en pares (un macho : una hembra), se mantiene la progenie de cada familia en forma individual hasta alcanzar por ejemplo la talla de semilla, en donde ya no se espera una elevada mortalidad posteriormente. Se retiene para el pie de cría el mismo número de progenies por familia (por ejemplo 10-20), y se llevan a talla de reproductor ya todos mezclados. Es importante entender que de retener para el pie de cría un número mayor de individuos por familia incrementará la probabilidad de utilizar individuos relacionados entre sí (hermanos) cuando se lleve a cabo la reproducción de estos para producir la siguiente generación. Para continuar con el pie de cría, y llevar a cabo la selección de los mejores individuos, no es necesario el retener a todos los individuos que se producen de un desove, ya que solo se requerirá de un total de 100 machos y 100 hembras por ejemplo para 100 familias, o de 50 machos y 50 hembras para 50 familias. Si retenemos 10 por familia, con 50 familias, al final tendremos 500 individuos de donde seleccionar a 100 reproductores, lo cual significa una intensidad de selección de 20%, lo cual es adecuado para lograr una respuesta a la selección sin incurrir en problemas de endogamia acelerada.

Finalmente, este método es adecuado cuando la característica a mejorar presenta un a alta heredabilidad, pero no cuando la heredabilidad del caracter es baja. La heredabilidad es un parámetro poblacional que puede ser estimado a través de metodologías de la genética cuantitativa, e indica que tanto de la variación que observamos para un caracter será heredable. Es importante entender que mientras que existen estimaciones de la heredabilidad por ejemplo del peso total de muchos organismos, es necesario estimar la heredabilidad en nuestra población particular, ya que esta depende de las frecuencias alélicas para los diferentes genes participando en producir el fenotipo del caracter en cuestión en nuestra población, así como también depende de las condiciones medio ambientales en las cuales mantenemos a nuestra población.

Selección con Estructura Familiar: Dentro de este método general, existen al menos tres modalidades: a) Selección de familias, b) Selección dentro de familias, y c) Selección Combinada. La utilización de cada método depende de varios factores, como son la infraestructura disponible, la heredabilidad del caracter, la existencia o no de efectos de medio ambiente común para las familias. Por ejemplo, la '*selección de familias*' es recomendable cuando la heredabilidad del caracter a mejorar es baja y se pueden manejar un gran número de familias (400), de tal manera que la intensidad de selección que se lleve a cabo para lograr una respuesta a la selección no lleve a la par a la endogamia. La '*selección dentro de familias*' es recomendable cuando es imposible mantener la integridad familiar sin mantener a cada familia en, por ejemplo, un tanque individual. Esto crea condiciones únicas de medio ambiente entre tanques (y entre familias), que resultan en diferencias sustanciales en el valor fenotípico de los individuos de las diferentes familias, pero estas diferencias pueden ser causa puramente de un mejor medio ambiente en el tanque de algunas familias que en los tanque de otras. Seleccionando lo mejor de cada familia elimina el sesgo que produce el efecto de tanque sobre algunas familias. En este método, ninguna familia es eliminada, solo individuos dentro de cada familia son retenidos o eliminados. Finalmente, el mejor método, es el de la '*selección combinada*', en el cual la selección se basa en un índice de selección que considera para su estimación tanto en el valor del individuo en relación a la media de su familia, como en el valor medio de su familia en relación a la media poblacional (la media de todas las familias). Este método es el mejor en cuanto a la respuesta esperada ya que incrementa la precisión de la selección, al incrementar la precisión con la cual evaluamos a los individuos de nuestra población.

En el siguiente cuadro se resumen las ventajas y desventajas de cada método:

Pros y Cons. Asociados a cada Método

- **SELECCIÓN individual SIN ESTRUCTURA FAMILIAR**
 - BARATO, no requiere infraestructura específica.
 - Acumulación de Endogamia Acelerada.
- **SELECCIÓN individual CON MINIMA ESTRUCTURA FAMILIAR**
 - RELATIVAMENTE BARATO requiere infraestructura parcial.
 - Solo puede aplicarse en caracteres altamente heredables y acumulación de endogamia a mediano plazo.
- **SELECCIÓN CON ESTRUCTURA FAMILIAR**
 - MÁXIMA EFICIENCIA DE SELECCIÓN, MÍNIMA ENDOGAMIA.
 - Caro: Requiere de infraestructura para manejo de familias.

En el siguiente cuadro se pueden ver cuales son los beneficios generales de mantener una estructura familiar. No solo son ventajas en cuanto a la selección misma, sino también en cuanto a el control de la endogamia en nuestra población en cautiverio.

Beneficios de tener una estructura familiar

MANTENER NÚMEROS EFECTIVOS DE REPRODUCTORES ADECUADOS EN CADA GENERACIÓN Y, CONOCER QUÉ INDIVIDUOS ESTÁN RELACIONADOS ENTRE SÍ, EVITANDO ASÍ PROCESOS DE ENDOGAMIA ACELERADOS .

EVALUAR A LOS INDIVIDUOS PARA LA SELECCIÓN NO SOLO POR SU VALOR FENOTÍPICO, SINO TAMBIÉN POR EL VALOR MEDIO DE SUS HERMANOS, ESTO ES, SU FAMILIA

Valor del Indiv. $i = \text{Fenotipo de } i + x(\text{Fenotipo Medio de la Familia de } i)$

INCREMENTAR LA PRECISIÓN DE LA SELECCIÓN , Y POR LO TANTO LA RESPUESTA ESPERADA A LA SELECCIÓN .

Esto se debe a que el valor medio de la familia es una aproximación más cercana al valor medio GENOTÍPICO, mientras que el del individuo por sí solo puede o no representar el valor genotípico medio .

Finalmente, es importante entender que un programa de mejoramiento genético por selección con estructura familiar requiere de una infraestructura diferente a la generalmente manejada en granjas acuícolas. Para el caso del abulón, un ejemplo de esos requerimientos de muestra en la siguiente figura:

Infraestructura Requerida para un Programa de este tipo



Biotecnologías de Ploidía

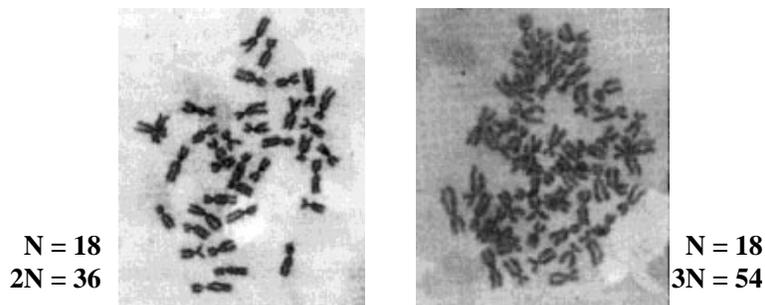
La poliploidía es una condición generalmente inducida, en la cual los organismos contienen más de los dos juegos de cromosomas que se encuentran en forma normal en todos los organismos diploides (=2 juegos). Dentro de los poliploides posibles en acuicultura se encuentran aquellos organismos que cuentan con 3 juegos de cromosomas (triploides), o aquellos que cuentan con 4 juegos de cromosomas (tetraploide) en cada una de sus células.

Esta biotecnología ha mostrado un elevado potencial para incrementar la producción en particular de moluscos en cultivo. En especial para los moluscos, la triploidía es actualmente una biotecnología viable, en donde la característica principal de un organismo triploide, adicionalmente a que cuenta con 3 juegos completos de todos sus cromosomas, es que los moluscos triploides no utilizan la energía disponible para madurar, y por tanto pueden seguir creciendo al alcanzar la primera madurez sexual.

El abulón cuenta con un número diploide aproximado de cromosomas que fluctúa según la especie entre 28 y 34. En condición haploide, por ejemplo, un gameto, se encontrarán de 14 a 17 cromosomas por gameto. En la condición triploide el número haploide se multiplica por 3, mientras que en la condición tetraploide el número haploide de cromosomas se multiplica por 4. En el siguiente ejemplo se observan los cromosomas de una especie de abulón, los cuales se pueden ver como estructuras duplicadas y unidos en un punto, conocido como el centrómero.

Haliotis discus hannai

Diploide versus Triploide



(CROMOSOMAS SEXUALES NO HAN SIDO IDENTIFICADOS)

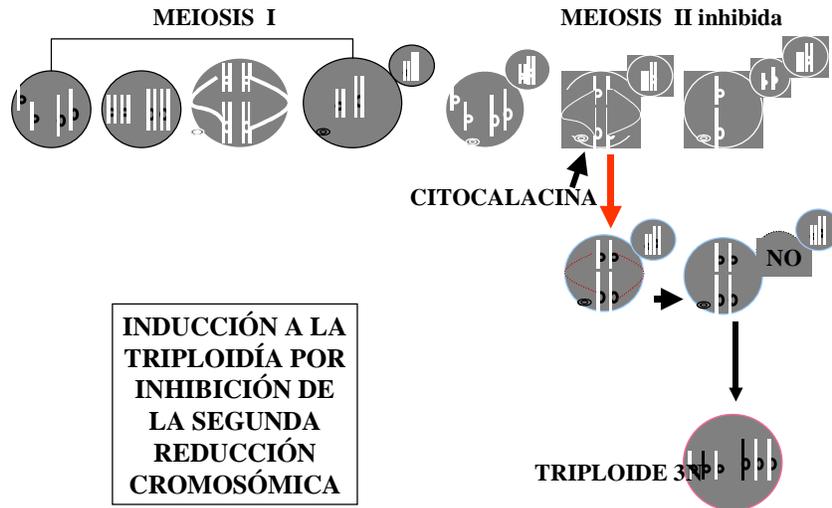
Otras especies de *Haliotis*

Diploide	Triploide
$14 - 17$ PARES DE AUTOSOMAS	$14 - 17$ TERCIAS DE AUTOSOMAS
Haploide	$N = \text{de } 14 \text{ a } 17$
Diploide	$2N = \text{de } 28 \text{ a } 34$

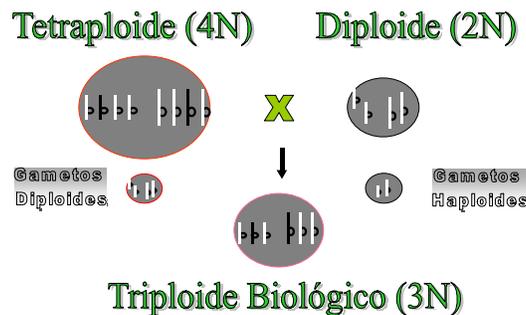
Triploide	$3N = \text{de } 48 \text{ a } 51$
Tetraploide	$4N = \text{de } 56 \text{ a } 68$

(CROMOSOMAS SEXUALES NO HAN SIDO IDENTIFICADOS)

La inducción a la triploidía en moluscos se ha llevado a cabo a través de métodos químicos y métodos físicos. Entre los compuestos químicos utilizados para la inducción a la ploidía están principalmente la citocalacina-B (CB) y el dimetil-6-amino-purina. El protocolo de inducción más exitoso es cuando se inhibe la meiosis II cuando se utiliza citocalacina-B para impedir la formación del segundo cuerpo polar. En la siguiente figura se observan los pasos que ocurren en la meiosis normal, así como los pasos que ocurrirán cuando esta es inhibida durante la formación del segundo cuerpo polar.



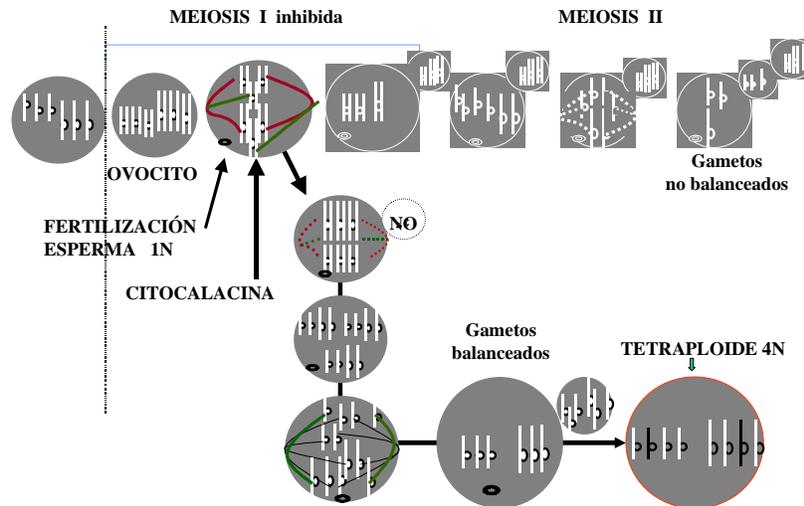
Recientemente, la producción de otro tipo de organismos ha sido posible, los moluscos tetraploides. Estos, a diferencia de los triploides, tienen en teoría un complemento cromosómico balanceado (4 juegos completos), por lo que la formación de gametos si ocurre, aunque estos gametos difieren de los gametos haploides producidos por organismos diploides. En los tetraploides, los gametos producidos serán diploides, por lo que la unión de un gameto diploide y uno haploide producirán un cigoto triploide. A este triploide se le ha denominado como 'triploide biológico', ya que su producción es directamente derivada de procesos de reproducción normal, pero de dos tipos de organismos, un tetraploide y un diploide.



En la actualidad, la mayor parte de los esfuerzos están dirigidos a desarrollar biotecnias para la producción de tetraploides, ya que estos pueden ser utilizados para la producción de triploides evitando los problemas que existen con la inducción química, que principalmente es el de una baja supervivencia.

A la fecha, solo se ha demostrado la posibilidad de producir triploides biológicos del ostión japonés. La producción de tetraploides fue lograda por el grupo del Dr. Standish K. Allen Jr.,

del Virginia Institute of Marine Sciences en EUA. La metodología empleada por ellos fue el inducir a la tetraploidía utilizando para ese fin ostión triploide. En la siguiente figura se esquematiza el procedimiento empleado por ellos:



Se puede observar que al inhibir la primera meiosis, o la primera reducción cromosómica en un organismos triploide, se evita la producción de gametos no balanceados. Los gametos no balanceados ocurren debido a que para cada cromosoma, existen 3 copias en el triploide, y solamente se podrán aparear dos de ellos. La tercer copia de cada uno de los cromosomas podrá migrar hacia cualquiera de los dos polos cuando ocurre la formación del primer cuerpo polar, lo cual resultará en que en algunos casos la tercera copia de un cromosoma migre al cuerpo polar, pero para otros cromosomas, la tercer copia puede sea retenida. Esto resultará en que cuando la meiosis II concluya, algunos gametos tendrán por ejemplo, 2 copias del cromosoma #1, 1 copia del cromosoma #2, 2 copias del cromosoma #3, etc.

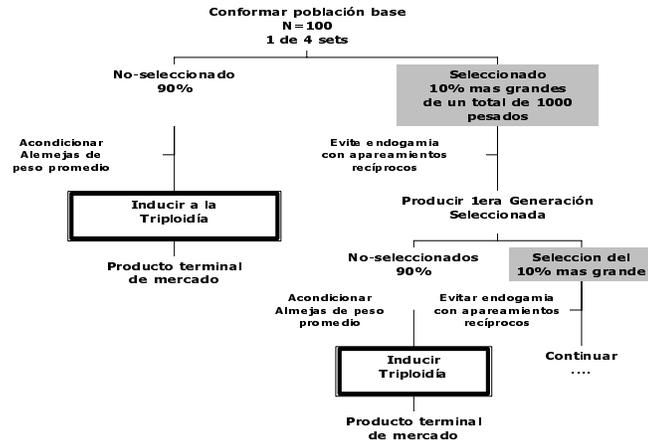
Al inhibir esa primera reducción cromosómica, lo que se logra es que existan cromosomas en pares, de tal manera que durante la segunda reducción cromosómica, cada cromosoma tendrá un par para alinearse en el ecuador de la célula, lográndose así la producción de gametos balanceados, que se caracterizarán por ser gametos triploides. Cuando la contribución cromosómica del esperma de un organismo diploide normal es integrada, el cigoto producido será un organismo tetraploide, en el cual 3 juegos cromosómicos fueron aportados por la hembra, y uno por el macho.

Conclusión

La producción de los organismos acuáticos puede ser incrementada con manejo adecuado de la población en cautiverio, llevando a cabo programas de selección, y aplicando las biotecnologías ya desarrolladas en cuanto a ploidía.

El mejor método de mejoramiento genético de la población en cautiverio será aquel que combine en forma óptima todas las metodologías posibles. Por ejemplo, puesto que la reproducción del abulón se tiene que llevar a cabo para producir nuevas generaciones, la implementación de un programa de manejo y mejoramiento por selección es posible.

En la siguiente figura se ejemplifica como combinar métodos de selección con biotecnologías de ploidía para lograr el máximo rendimiento en la producción, así como para ir incrementando la productividad generación tras generación.



Este ejemplo se desarrolló con resultados obtenidos en diversos estudios de genética de almeja catarina, pero es igualmente aplicable a otros moluscos.

LA NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE ABULÓN

María Teresa Viana

Instituto de Investigaciones Oceanológicas. Universidad Autónoma de Baja California. Km. 103 carretera Tijuana-Ensenada; C.P. 22860, Ensenada, B.C. Tel. (61) 74 40 01; fax (61) 74 53 03. E-mail: viana@faro.ens.uabc.mx

Resumen

En la presente aportación, se hace referencia al tema de la nutrición y las fuentes alimenticias adecuadas para los organismos tomando en cuenta su fisiología nutricional. Se hace una revisión de la importancia que en los últimos años ha tenido la acuicultura en relación al estancamiento de la producción pesquera mundial. Se hacen referencias de la importancia de la nutrición en el contexto de la producción acuícola y del manejo de dietas artificiales en el marco de la producción de abulón cultivado. Se discute el estado actual del conocimiento sobre la nutrición del abulón y se incluyen aspectos sobre la composición e ingredientes de dietas artificiales desarrolladas para este recurso así como los requerimientos de estos en relación a las proteínas, carbohidratos y ácidos grasos.

¿Que es la nutrición?

La alimentación es una de las fuerzas que ha movido al hombre desde los inicios de la historia, y a su vez es uno de los motivos más importantes por lo que se ha debido la dispersión de especies, aparición y extinción de otras. Hoy en día, la elevada explosión demográfica nos pone como reto el producir mayores fuentes alimenticias para enfrentarnos a las necesidades del futuro. Esto lo lograremos a medida de que encontremos ingredientes alternativos a los que ya contamos y se están agotando, así como el hacer más eficientes los que contamos. Esto último, lo lograremos a medida de que conozcamos mejor la fisiología nutricional de las especies en cultivo para que podamos cubrir las necesidades nutricionales de ellas y no estar dando nutrientes de más que repercutan, además de un desperdicio, a la contaminación de nuestro entorno.

De acuerdo a estudios realizados por la FAO, sobre pesquerías, se ha visto una disminución gradual desde 1950, indicando que la producción de los recursos marinos convencionales a nivel mundial, bajo regímenes de explotación se estaban acercando a su producción máxima alcanzable. En un estudio de FAO donde se basan en el desembarco de organismos marinos junto con la predicción máxima de producción para la pesquería mundial marina se calcula que el límite sea 82 millones de toneladas mientras que durante 1990-94 se llegó a los 82 millones de toneladas (85.1 millones en el 95) (FAO, 1997). Y es así que se calcula que el 70% de las pesquerías se encuentran a un nivel de explotación, sobreexplotación o a un nivel de riesgo. Por esto, y observando el potencial de crecimiento, que se piensa que para un futuro sea la Acuicultura la actividad que pueda desarrollarse en mayor proporción para generar alimentos. Si se consideran las proyecciones estimadas por la FAO, para el año 2025 se van a necesitar 162 millones de toneladas de productos acuáticos a diferencia de 112.9 millones que se produjeron en 1995. Según la FAO, el crecimiento del sector de acuicultura tiene un potencial de desarrollo. Potencial que se ha demostrado con una rápida expansión del sector que ha crecido a una tasa del 10.9% anual desde 1984 comparada con producción de carne de 3.1% y productos de la pesca en 1.6%. Dentro de las especies pecuarias fue la carne de aves la de mayor contribución, con un 5.3 seguida por ganado porcino 3.4%, borrego 1.4% y bovino 0.9% (Tabla 1). La contribución de la acuicultura comparada con la pesca se ha incrementado en peso a más del doble desde 1984, con un 11.5% a un 25.6% para 1995.

Tabla 1. Tasa de incremento en la producción anual de los diferentes tipos de especies de producción pecuaria y su contribución para el consumo humano como fuente de alimento.

Fuente	Incremento anual desde 1984 a 1995 %	Contribución en porcentaje al total de alimentos producidos en cultivo en canal %
Acuicultura	10.9	6.2
Aves	5.3	20.9
Porcino	3.4	37.6
Ovino	1.4	3.2
Bovino	0.9	24.0
Otros		8.1

¿Porque la nutrición es importante?

Toda explotación animal, sea acuática o terrestre y bien, tenga la finalidad para cubrir programas de repoblación o para la producción animal, debe estudiar dos aspectos fundamentales de acuerdo a Shimada (1983): estudio de animales sanos (producción animal, zootecnia) y la que observa a los animales enfermos (medicina veterinaria, sanidad y patología animal). Si bien ambas actividades son de gran importancia, la pieza fundamental para toda actividad es, en primer lugar, la obtención de organismos sanos. Estos podrán lograrse solo si se cuenta con una buena alimentación para que estén sanos. Dentro de las áreas de producción animal se encuentran la nutrición, reproducción y genética. De estas es la nutrición la más importante, ya que no lograremos una aceptable reproducción o no podremos evaluar un mejoramiento genético si no contamos con un organismo perfectamente bien alimentado. De la misma manera es la nutrición la que podrá reducir los costos de producción de una manera significativa en términos del manejo de los nutrientes adecuados.

Existen dos términos: nutrición y alimentación que en realidad tienen significado diferente. La nutrición es la ciencia que estudia los procesos físicos y químicos que sufre el alimento durante su paso por el tubo digestivo, la absorción de los nutrimentos liberados a través de las paredes digestivas y la posterior utilización celular de los nutrimentos por medio de procesos metabólicos que nos lleve a un crecimiento adecuado así como funciones sanas, como la defensa contra amenazas del medio ambiente. En cambio, la alimentación debe entenderse como la serie de normas o procedimientos a seguir para proporcionar a los animales una nutrición adecuada, es decir, definir lo que el animal va a comerse y que esté de acuerdo a sus necesidades, es decir a su nutrición.

Generalidades y importancia del abulón

El abulón es un molusco de gran importancia para la economía de Baja California y Baja California Sur. Según información de Bancomext, para 1993, el abulón constituyó el segundo producto pesquero generador de divisas en México, después del camarón, y hoy en día, a pesar de seguir siendo un producto importante, su captura se ha reducido a la mitad de lo que se capturó en 1993. Sin embargo, la sobreexplotación de este recurso, aunado a su lento crecimiento y destrucción de su hábitat natural ha causado que el valor comercial de las diferentes especies se haya elevado lo suficiente como para catalogar esta pesquería en un recurso exótico (US \$ 70.00/ kg). Lo anterior ha dado lugar a que el abulón sea una interesante alternativa para la exportación a los países asiáticos, generando divisas importantes para el país.

Por lo anterior, el cultivo de este molusco se ha convertido en una actividad muy atractiva, tanto para su engorda comercial como para satisfacer los programas de repoblación para la

recuperación de la especie en su medio natural. Sin embargo, uno de los principales problemas que existen para satisfacer ambas demandas (engorda y repoblación), es el poco conocimiento acerca de su fisiología nutricional para poder realizar programas de cultivo, selección de reproductores y madurez de los mismos en cautiverio.

El cultivo de abulón es una actividad en plena expansión a nivel mundial. Sin embargo, este desarrollo no ha sido concomitante al conocimiento de su crecimiento, alimentación y fisiología de su nutrición, lo que sustentaría la elaboración de dietas artificiales competentes que permitan el crecimiento continuo y seguro de los organismos hasta su talla comercial (7 cm). Japón y China son líderes en su cultivo con una alta producción (Fleming *et al.*, 1996), y puede decirse hoy en día que Australia ha logrado avances importantes.

Si bien el crecimiento es lento, ya que tarda en llegar a la talla comercial hasta los 2 años de edad o más, se piensa que su precio en el mercado es lo suficientemente atractivo como para pensar en la rentabilidad de su cultivo (Oakes y Ponte, 1996). Sin embargo, hasta que las técnicas de cultivo para cada especie no sean probadas fuera del ámbito experimental, el cultivo del abulón no tendrá un crecimiento contundente para abastecer la demanda del mercado. Dentro de estas técnicas para su cultivo, o "biotecnias", se pueden mencionar la obtención de juveniles, técnicas de asentamiento y metamorfosis, tipo de cultivo (marino o en estanquería), y por último y no menos importante, su alimentación.

El abulón es un organismo gasterópodo considerado como un herbívoro que se alimenta de macroalgas (Hahn, 1989). Sin embargo, se cree que para lograr un óptimo crecimiento, se requiere de cantidades de proteína mayores que las contenidas en las macroalgas (Mai *et al.*, 1995). Es por ésto que se piensa que el abulón, en el medio natural, debe de alimentarse en gran medida de organismos epífitos de las macroalgas. Este hecho hace que la nutrición del abulón en cultivo sea difícil, ya que es necesario el suministro de una alimentación diversa aparte de las macroalgas. Esto puede lograrse cuando es favorecida la producción de diatomeas bentónicas en los estanques (Arroyo *et al.*, 1996), las cuales para su desarrollo en una cantidad substancial, es necesario el disminuir la densidad de abulones por tanque, o bien, con el empleo de **dietas artificiales**. Las cuales son capaces de resultar en tasas de crecimiento mayor que la obtenida con macroalgas en condiciones de cultivo (Viana *et al.*, 1993a; Britz *et al.*, 1994). El problema de implementar dichas dietas artificiales ha sido, que con su uso permitan un margen de ganancia atractivo para el productor compensando el costo del alimento junto con el largo periodo para llegar a la talla comercial (2 años).

Para poder abaratar el costo del alimento artificial se necesita el conocimiento básico sobre su nutrición y fisiología metabólica para aprovechar de una manera más eficiente los nutrientes de la dieta. Es por ésto que el estudio de la fisiología digestiva y metabolismo nutricional del abulón sea considerado como un factor crucial para su cultivo exitoso (Fleming *et al.*, 1996).

En varios países como Japón, Australia, Nueva Zelanda y Sudáfrica producen ya de manera comercial las dietas artificiales. Estas si bien están dando buenos resultados su costo, incluyendo producción y envío, hace imposible su utilización hacia esta zona.

En el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California se han desarrollado a lo largo de ocho años una serie de experimentos elaborando dietas artificiales con ingredientes locales (harina de pescado, ensilaje de subproductos pesqueros de atún y de vísceras de abulón y otros moluscos) comparando con fuentes comerciales de proteína de óptima calidad, como lo es la caseína y dietas comerciales para abulón. Estos experimentos probaron en todos los casos que las tasas de crecimiento son mejores hasta en un 370 % que lo observado con la alimentación natural, en este caso, la macroalga *Macrocystis pyrifera*. Por otro lado, con objeto de estudiar la posibilidad e incluir subproductos pesqueros como fuente de proteína, se recurrió a la preservación ácida mediante la elaboración de ensilajes ácidos de subproductos pesqueros. Los subproductos pesqueros

por lo general tienen un costo muy bajo, e incluso en muchos lugares llegan a constituir un problema de contaminación, y que al mismo tiempo permite una reducción considerable del costo en la elaboración de las dietas.

Hoy en día el alimento ha sido probado a nivel comercial y una de las 2 granjas comerciales está en proceso de implementar el uso de nuestro alimento como práctica diaria.

Estado actual de conocimiento sobre la nutrición de abulón

Etapas de producción en el abulón:

1. Larvas y poslarvas:

Las larvas de abulón son lecitotróficas, es decir, no requieren de alimentación directa, aunque es muy importante la cantidad y tipo de materia orgánica disuelta, ya que se ha comprobado que existe absorción a nivel tisular de importantes nutrientes como aminoácidos y carbohidratos solubles. En un experimento en nuestro Instituto, con larvas de abulón se comprobó que en presencia de glucosa aumentó la sobrevivencia y tamaño de las larvas. Efecto que no ocurrió igual en presencia de aminoácidos. Al continuar dicho experimento con las poslarvas se observó de nuevo que la presencia de glucosa en el agua de cultivo con poslarvas daba una diferencia significativa en el contenido de lípidos corporales. No existió una diferencia significativa en sobrevivencia, pero se recomienda seguir haciendo estudios al respecto.

Las poslarvas se alimentan activamente de diatomeas bentónicas, cuya presencia tanto en cantidad como calidad limita su crecimiento, además de la densidad de los organismos en cultivo. A esta edad, las poslarvas hasta llegar a los 10 mm (de 3 a 6 meses) van desarrollando y endureciendo la rádula raspadora para la obtención del alimento. Motivo por el cual delimita el cambio de alimentación a macroalgas. Este periodo es crítico ya que de alargarse implica un exceso de trabajo en los laboratorios de producción hasta que los abulones estén aptos para el cambio de alimento. A este respecto, se han probado dietas artificiales similares a las diseñadas para juveniles obteniendo resultados prometedores. Durante 6 semanas las poslarvas no lograron consumir todas las diatomeas. Disminuyó la mortalidad y hubo un crecimiento aceptable. Con esto podemos pensar que los requerimientos nutricios entre poslarvas y juveniles tempranos no cambian como antes se creía sino más bien se habla de la capacidad de los juveniles de raspar superficies duras como macroalgas.

2. Juveniles:

En el área de pre engorda, uno de los principales problemas es la mortalidad cuando se da el cambio en la alimentación. Por esto es necesario proveerles de macroalga asegurando una buena producción de diatomeas para aquellos que aún no están preparados a raspar el alimento artificial.

Ya una vez adaptados, son activos raspadores capaces de alimentarse de macroalgas en grandes cantidades. Se considera que un 10% de su peso puede ser consumido de macroalgas diariamente (peso húmedo). Sin embargo, cuando un alimento seco en forma de pelet (alimento artificial) es ofrecido, mayores tasas de crecimiento pueden ser observadas. A este respecto macroalgas secas y reconstituidas en pastillas tipo galletas fueron formadas utilizando alginato de sodio resultando en un crecimiento mayor obtenido que con macroalgas frescas. Sin embargo ambos crecimientos fueron menores al obtenido con alimento artificial. Más adelante

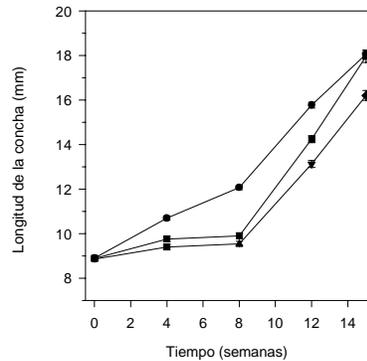


Figura 1. Longitud de la concha (mm) de abulones alimentados con ensilaje de víscera de abulón comparada con pelets reconstituidos de harina de macroalga y macroalga fresca.

se hablará con mayor detalle sobre los avances obtenidos acerca del alimento artificial para el abulón.

3. Adultos

El mantenimiento de organismos adultos en un laboratorio es de suma importancia pues aparte de poder contar y programar los desoves para la producción de larvas y poslarvas, nos permite contar con un programa de mejoramiento de pies de cría en un sistema de producción. A este respecto, la alimentación es importante para contar con organismos maduros cuando se requieran, además de poner mantener la calidad de huevos fertilizados. Uno de los principales problemas que se enfrentan con el *Haliotis fulgens* es precisamente la escasa o pobre maduración de adultos en cautiverio. A este respecto se ha iniciado un estudio sobre la influencia de ciertos ácidos grasos sobre la maduración.

Hasta la fecha, hemos podido observar que una dieta rica en proteína con y ácidos grasos es importante para lograr la maduración de los reproductores.

Composición e ingredientes de dietas artificiales para abulón:

En general las dietas artificiales muestran un alto contenido de proteínas (20-50%), carbohidratos (30-60%), bajo en lípidos (1.5-5.3%), fibra (0-6%), con una alta cantidad de mezcla de minerales (4-5%) y vitaminas (0.5-2%) (Fleming *et al.*, 1996).

a) Requerimientos de Proteína y Aminoácidos esenciales:

La proteína es proporcionada, por lo general, a partir de fuentes como harina de pescado, harina de soya y caseína (Uki *et al.*, 1985; Hahn, 1989; Gorfine, 1991; Britz, 1996a y b). Aparte de que otras nuevas alternativas de proteína como ensilados de pescado (López y Viana, 1995), y vísceras de abulón (Viana *et al.*, 1996) o *Spirulina* spp. se han ensayado, aunque su utilización no ha sido hasta ahora muy significativa (Fleming *et al.*, 1996). En el caso de una dieta comercial sudafricana *Abfeed*, se utiliza 10% de *Spirulina* spp. en la formulación (Britz *et al.*, 1994); además de que se ha demostrado que con una mezcla de ensilaje de vísceras de abulón con harina de soya es posible substituir por completo a la harina de pescado sin causar una diferencia significativa en el crecimiento (Guzmán y Viana, 1988).

Las proteínas son el nutrimento más caro en una dieta artificial y son esenciales en el crecimiento del tejido suave del abulón. Según Fleming *et al.* (1996) el nivel óptimo de proteína

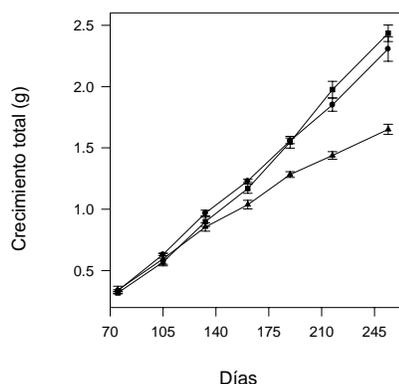


Figura 2. Peso promedio (g) en juveniles de abulón (*H.fulgens*) alimentados con dos dietas artificiales y una dieta comercial.

en las dietas artificiales para abulón se ha estimado a través de métodos empíricos donde se ha tomado como base la concentración de proteína cruda en la dieta a la cual se tiene un crecimiento favorable. Esto se basa en que los requerimientos de proteína no se pueden cubrir con el incremento en su suministro si se trata de una proteína inadecuada para un organismo dado. Por ésto, es necesario asegurar que la proteína suministrada sea de alta calidad antes de su inclusión en los niveles que el organismo requiere. Si las necesidades de cantidad de proteínas del abulón son cubiertas en forma adecuada, es necesario conocer los requerimientos de aminoácidos específicos, para el balance más apropiado y su disponibilidad en una variedad de fuentes de proteínas (Mai *et al.*, 1994; Fleming *et al.*, 1996).

La identificación de aminoácidos limitantes en las dietas artificiales y los requerimientos diarios de aminoácidos para el abulón aún no se han demostrado experimentalmente. En *H. rufescens* se reportan como aminoácidos esenciales a la treonina, valina, metionina, isoleucina, leucina, fenilalanina, triptófano, lisina, histidina y arginina (Fleming *et al.*, 1996).

Se ha sugerido que el abulón requiere grandes contenidos de arginina obedeciendo al alto contenido de este aminoácido en el tejido. Sin embargo, estudios de este tipo no han sido exitosos debido a la estabilidad y/o solubilidad de los aminoácidos en el agua (Britz, comunicación personal).

Todos los aminoácidos esenciales más limitantes se encuentran disponibles en el mercado en forma sintética. Su utilización se basa en poder aumentar la calidad protéica de las harinas disponibles (Shimada, 1983); sin embargo, su utilización en el abulón ha sido un tanto empírica donde se ha tratado de ofrecer una fuente protéica conteniendo la cantidad de aminoácidos que se asemejen a su composición corporal (Fleming *et al.*, 1996) sin evaluar a los limitantes.

Estudios recientes en este Instituto (UABC) mostraron que aminoácidos disueltos en el agua en el cultivo de larvas y poslarvas de abulón pueden ser incorporados en tejido. Esto probablemente repercute positivamente en el estado fisiológico de los organismos.

b) Requerimientos de carbohidratos:

Cereales como harina de trigo, harina de maíz o subproductos, almidón de maíz o almidón de arroz son frecuentemente utilizados como fuente de carbohidratos, donde el almidón juega un papel importante tanto para suministro de energía, como por su papel como agente enlazante o ligante en las dietas (Fleming *et al.*, 1996).

La utilización de carbohidratos complejos (polisacáridos) en el abulón aún no se conoce ampliamente, pero se sabe que éstos presentan un sistema de enzimas capaces de hidrolizar carbohidratos complejos presentes en algas (Nakada y Sweeny, 1967), su alimento natural. Sin embargo, Uki *et al.* (1985) establecieron que a medida que se incrementa el nivel de celulosa en la dieta es posible observar un efecto significativamente negativo en el crecimiento, aún a niveles bajos de celulosa. Por otro lado, los carbohidratos solubles constituyen la fuente primaria de energía. Un abulón que consume más de un 2 % de su peso/día de una dieta artificial con 50% de carbohidratos podría considerarse que consume un exceso en los requerimientos de energía del organismo (Gorfine, 1991).

Poco se sabe en general acerca del metabolismo de carbohidratos en los gasterópodos (Livingston y de Zwaan, 1983), pero constituyen una fuente importante energética para ellos. Por ser herbívoros pueden degradar carbohidratos estructurales, pues se ha detectado la presencia de enzimas digestivas con características para degradar alginatos, celulosa, etc., (Oshima, 1931; Nakada y Sweeny, 1967; Leighton, 1968; Mody y Chauhan, 1993); aunque se desconoce su importancia. Sabemos hoy en día que el abulón posee bacterias digestivas que le ayudan probablemente a hacer más eficiente su digestión. En el laboratorio del Instituto de Investigaciones Oceanológicas hemos demostrado que la presencia de celulosa en la dieta estimula la producción de enzimas digestivas (Monje y Viana, en prensa; Tabla 2) y que existen bacterias celulolíticas en el estómago del abulón (resultados aún no publicados).

Tabla 2. Actividad enzimática de alginasas y celulasas en el estómago de juveniles de abulón *Haliotis fulgens* alimentados con una dieta sin y con celulosa (DA y DC). El error estándar se indica con paréntesis.

	DA	DC	P
ALGINASAS	0.04 (0.01)	0.26 (0.02)	0.001
CELULASAS	1.87 (0.15)	3.24 (0.31)	0.003

c) Requerimientos de ácidos grasos de cadena larga:

Los lípidos no muestran un aporte de energía significativo en la dieta del abulón. Se ha establecido que un nivel mayor al 5% resulta en un retardo en el crecimiento (Uki *et al.*, 1986; Mai *et al.*, 1995a). Estos, son suministrados en los alimentos artificiales en forma de aceite de pescado o aceite vegetal, ya sea con los lípidos contenidos en la harina de pescado o bien con combinaciones entre éstos (Hahn, 1989; Fleming *et al.*, 1996). Sin embargo, debido a que el abulón requiere de un nivel bajo de lípidos, en algunas formulaciones que contengan harina de pescado, los lípidos contenidos en ésta pueden constituir el único aporte de la dieta (Fleming *et al.*, 1996).

Los abulones recientemente asentados; así como, los juveniles tempranos se alimentan principalmente de diatomeas, las cuales contienen por lo general entre 7 y 23% de lípidos (base seca) ricos en PUFA 20:5n-3 y 22:6n-3, con la presencia también de 20:4n-6 (De Roeck-Holtzhauer *et al.*, 1993; Brown *et al.*, 1997). Los adultos se alimentan de macroalgas principalmente aunque se sabe que una gran cantidad de diatomeas se encuentran poblando a las macroalgas del medio natural. De esta manera se sabe que el tipo de alga consumida afecta significativamente el crecimiento, debido probablemente a sus perfiles diferentes de ácidos grasos insaturados (Uki *et al.*, 1986).

d) Otros nutrientes:

Es común que los minerales y vitaminas se incorporen en las dietas en forma de mezclas de acuerdo a lo establecido por Uki *et al.* (1985). El uso de harina de algas (*v. gr. Macrocystis pyrifera*) en la elaboración de alimento artificial, con un elevado contenido de minerales, favorece

en algunos casos la no incorporación adicional de macro y microelementos ya que la materia seca de las macroalgas es rica en minerales (Jensen, 1993). Uki *et al.* (1985) con base en valores establecidos para peces plantearon los requerimientos de minerales para abulón, reportando un óptimo crecimiento con 8%; posteriormente se recomendó un mínimo de 4% para mejorar la estabilidad del alimento (Uki y Watanabe, 1992). De la misma manera, el contenido de vitaminas utilizado en dietas artificiales también está basado en los requerimientos de peces (Fleming *et al.*, 1996), pudiéndose concluir que muy poca atención se ha prestado en este aspecto.

Otros aspectos importantes en la alimentación para abulón:

El asegurar la ingestión de los alimentos es de importancia. En el caso del abulón resulta una tarea difícil, debido a su lenta respuesta ante el alimento, dando por resultado la pérdida de materia seca en el agua así como el lavado de micronutrientes (lixiviación). En sistemas de cultivo para abulón se espera que el alimento presente una baja pérdida de materia seca en el agua en un lapso de por lo menos 24 horas. Esto, no solo con el fin de asegurar la ingestión de los nutrimentos sino también para evitar el desperdicio de alimento y merma en la calidad del agua (Hahn, 1989). Esto también como resultado del lavado y pérdida de nutrimentos en el medio. La estabilidad (% de materia seca en la dieta después de su permanencia un tiempo dado en el agua con relación al contenido original) y lavado del alimento son problemas conocidos por los fabricantes de dietas artificiales; sin embargo, no se han determinado cantidades y/o tasas de lavado de nutrimentos aceptables o permitidos como normas de calidad para los productores de alimento (Fleming *et al.*, 1996). Como alternativas para controlar la estabilidad y lavado de nutrimentos se plantea el uso o combinación de coloides y/o almidón (Knauer *et al.*, 1993; Fagbenro y Jauncey, 1995), además se propone el estudio de métodos de microencapsulación (Villamar y Langdon, 1993; López-Alvarado *et al.*, 1994) y extrusión (Botting, 1991; Gooddard, 1996).

Aparte de lograr que el alimento sea estable en el agua debe buscarse que no sufra cambios significativos en su dureza. Se reporta que la dureza es un factor primario que determina la preferencia del abulón por un tipo de alimento; en *H. rubra* a mayor dureza disminuye la tasa de ingestión del alimento (McShane *et al.*, 1994).

LITERATURA CITADA

- Anuario Estadístico de la Pesca. 1998, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F.
- Arroyo, E., Flores-Aguilar, R. y Vázquez, E., 1996. Producción de diatomeas utilizadas como alimento de postlarvas de abulón rojo (*Haliotis rufescens*). Resúmenes Taller sobre Biología, Pesquería y Cultivo de Abulón en México, 21-14 octubre, Ensenada, B.C., p. 1.
- Britz, P.J., Hecht, T., Knauer, J. y Dixon, M.G., 1994. The development of an artificial feed for abalone farming. *South Afr. J. Sci.* 90: 7-8.
- Britz, P.J., 1996a. Effect of dietary protein level on growth performance of South African abalone *Haliotis midae*, fed fishmeal based semipurified diets. *Aquaculture* 140: 55-61.
- Britz, P.J., 1996b. The suitability of selected protein sources for inclusion in formulated diets for the South African abalone, *Haliotis midae*. *Aquaculture* 140:63-73.
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W., Volkman, J.K. y Dunstan, G.A., 1997. Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture* 151: 315-331.

- Chamberlain, GW (1993) Aquaculture trends and feed projections. *World Aquaculture* 24(1):19-29.
- Dábramo, L.R. (1991) Aquaculture Research Needs for the year 2000: Fish and Crustacean Nutrition. *World Aquaculture* 22(2):57-62.
- FAO, 1997 Review of the state of World Aquaculture. FAO Fishery Department Circular No. 886 FIRI/C886 (Rev. 1) Rome 1997 ISSN 0429-9329.
- FAO, 1997 Recent trends in global Aquaculture Production: 1984-1995.
- Fleming, A.E., Van Barneveld, R.J. y Hone, P.W., 1996. The development of artificial diets for abalone: A review and future directions. *Aquaculture* 140: 5-63.
- Gorfine, H.K., 1991. An artificial diet for hatchery-reared abalone *Haliotis rubra*. Internal Report No. 190, Marine Science Laboratories, Queenscliff, Victoria, Australia, 34 pp.
- Guzman, J.M. y Viana, M.T. (1998) Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fish meal, compared to a commercial diet. *Aquaculture*, en prensa.
- Hahn, K.O., 1989. Nutrition and growth of abalone. In: K.O. Hahn (Ed.), CRC Handbook of Culture of Abalone and other Gastropods. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 135-156.
- Leighton, D.L. 1968. A comparative study of food selection and nutrition in the abalone, *Haliotis rufescens* Swainson, and the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (stimpson). Thesis for the degree of Ph D., at the University of California, San Diego. Microfilmed 68-15, 685.
- Livingston, D.R. y A. de Zwaan. 1983. Carbohydrate Metabolism of Gastropods. In: P.W. Hochachka (Editor),. *The Mollusca, Metabolic Biochemistry and Molecular Biomechanics*. Vol. 1, 5:177-242.
- López, L.M. y Viana, M.T. (1995) Determinación de la calidad del alimento elaborado con ensilaje de pescado crudo y cocido, para abalones juveniles de *Haliotis fulgens*. *Ciencias Marinas*, 21(3):331-342.
- Mai, K., Mercer, J.P. y Donlon, J. 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. II. Aminoacid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutritional value. *Aquaculture* 128: 115-130.
- Mai, K., Mercer, J.P. y Donlon, J. 1995a. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. III. Response of abalone to various levels of dietary lipid. *Aquaculture* 134: 65-80.
- Mai, K., Mercer, J.P. y Donlon, J. 1995b. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino. IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture* 136: 165-180.
- Martínez, M. y Pedini, M. (1997) Latin América and the Caribe. Production and production trends. FAO Fisheries Department Review of the State of World Aquaculture.
- Mercer, J.P., Mai, K. y Donlon, J., 1993. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, *Haliotis tuberculata* Linnaeus and *Haliotis discus hannai* Ino. I. Effects of algal diets on growth and biochemical composition. *Inv. Reprod. Dev.* 23: 75-88.

- Mody, K. y V.D. Chauhan. 1993. Alginase from marine bacterium. *Botanica Marina*, 36(6): 477 - 480.
- Monje, H. y Viana, MT (en revisión) The effect of cellulose on the growth and cellulolytic activity of the abalone *Haliotis fulgens* when used as an ingredient in artificial diets. Submitted to the *J. of Shellfish Research*.
- Nakada I.H. y P.C. Sweeny. 1967. Alginic Acid Degradation by Eliminases from Abalone Hepatopancreas. *The Journal of Biological Chemistry*, 212 (5): 845 - 851.
- New, MB (1997) Aquaculture and the Capture Fisheries, Balancing the scales. *World Aquaculture*, June, 11-30.
- Oshima, K., 1931. Digestive enzymes appeared in abalone viscera. *J. Agric. Chem.*, 7,328 - 31.
- Napolitano, G.E., Ackman, R.G. y Ratnayake, W.M.N. 1990. Fatty acid composition of three cultured algal species (*Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis* and *Chaetoceros calcitrans*) used as food for bivalve larvae. *J. World Aquac. Soc.*, 21: 122-130.
- Oakes, F.R. y Ponte, R.D., 1996. The abalone market: opportunities for cultured abalone. *Aquaculture* 140: 187-195.
- Pérez-Muñoz, G. E., 1995. El cultivo de abulón en México: Desarrollo histórico, estado actual y sus perspectivas. Tesis de Oceanólogo, UABC, FCM, Ensenada, BC, 121 pp.
- Plante, C.J. Jumars, P.A., Baross, J.A. (1990) Digestive associations between marine detritivores and bacteria. *Annu Rev Ecol Syst.*, 21:93-127.
- Rivero, L.E. y Viana, M.T. (1996) Palatability effect of the pH, water stability and texture in artificial diets used for juvenile abalone *Haliotis fulgens* (Phillips, 1845). *Aquaculture*, 144:353-362.
- Schmidt-Nielsen, K. 1981. *Animal Physiology. Adaptation and Environment*. 2d Edn. Cambridge University Press, 560 pp.
- Shimada, A. 1983. *Fundamentos de Nutrición Animal Comparada*. Sist. De Educ. Continúa en Produc. Animal en México. 4a Ed. 375 p.
- Stewart, JE (1997) Environmental impacts of aquaculture. *World Aquaculture*, March 47-52.
- Tuncer, H., Harrell, R.M., Chai, T.-j., 1993. Beneficial effects of n-3 HUFA enriched *Artemia* as food for larvae palmeto bass (*Morone saxatilis* x *M. chrysops*). *Aquaculture* 110: 341-359.
- Uki, N., Kemuyama, A. y Watanabe, T., 1985. Development of semipurified test diet for abalone. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 51: 1825-1833.
- Uki, N. y Kikuchi, S., 1984. Regulation of maturation and spawning of an abalone, *Haliotis* (Gastropoda) by external environment factors. *Aquaculture* 39: 247-261.
- Uki, N., Sagiura, M. y Watanabe, T., 1986. Requirement of essential fatty acids in abalone *Haliotis discus hannai*. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 52: 1013-1023.
- Uki, N. y Watanabe, T. 1992. Review of the nutritional requirements of abalone (*Haliotis* spp.) and development of more efficient diets. En: Shepherd, S.A., Tegner, M.J. Guzmán-del Proo,

- S.A. (Eds.), *Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News Books, Oxford, pp. 504-517.
- Viana, M.T., López, L.M. y Salas, A. 1993a. Diet development for juvenile abalone, *Abalone fulgens*, evaluation of two artificial diets and macroalgae. *Aquaculture*, 117: 149-156.
- Viana, M.T. y Nava, C. 1993b. Ensilajes ácidos de pescado. Efecto de precalentamiento y de la adición de los ácidos fosfórico y cítrico sobre su calidad bioquímica. *Ciencias Marinas*, 19(4):415-433.
- Viana, M.T.; Trujano, M. y Solana-Sansores, R. 1994. Palatability and attraction activities in juveniles of abalone *Haliotis fulgens*. Nine ingredients used in artificial diets. *Aquaculture*, 127:19-28.
- Viana, M.T.; Lopez, L.M.; Garcia-Esquivel, Z. y Mendez, E (1996) The use of silage from fish and abalone viscera as an ingredient for abalone feed. *Aquaculture*, 140:87-98.
- Viana, M.T. y Bernal-Castro, R.M. (1996) Chemical composition of abalone viscera from *Haliotis fulgens*, *H. corrugata* and *H. cracherodii* during the catching season. *J. of Marine Biotechnology*, 4:210-214.
- Viana, M.T., Jarayapananda, P., Menasveta, P. (1996) Artificial diets for the tropical abalone. *ARRI Newsletter*, 3(2):13-16.

CULTIVO INTENSIVO DEL ABULÓN

Roberto A. Flores-Aguilar

Abulones Cultivados, S.A. de C.V.

Resumen

En el presente documento, se abordan temas específicos relacionados a la producción comercial de abulón cultivado. Por tanto se hace una mención especial al mercado, oferta, demanda y precios, estándares de calidad y canales de distribución. Por otra parte se manejan elementos sobre tipos de técnicas de cultivo, alimentación, aspectos económicos de proyectos productivos y por último se mencionan algunas consideraciones sobre el cultivo de abulón en México.

Aspectos del mercado del abulón cultivado

Oferta de abulón cultivado

En la actualidad la oferta mundial de abulón cultivado es de alrededor de 7,000 toneladas en peso vivo. De esta cantidad, China aporta alrededor de 3,000 toneladas cuyo destino principalmente es el doméstico. Las especies que son cultivadas en este país son: Ezo Awabi o *H. discus hannai* y Tokobushi o *H. diversicolor supertexta*; Taiwán con 3,000 toneladas cuyo destino principal es Japón, China y Singapur. La principal especie cultivada tiene nombre común de: Tokobushi; Japón que tiene una oferta de abulón cultivado que es mezclado con el recurso capturado, el destino es doméstico, las especies son: *H. discus hannai* y *H. discus*; los Estados Unidos de Norteamérica con 250 toneladas, cuyo principal destino es Japón, en los propios Estados Unidos, y China, la principal especie es: *H. rufescens*, por último con menos de 50 toneladas se encuentran: México, Chile, Australia, Sudáfrica, Nueva Zelanda, entre otros.

Demanda de abulón cultivado

Se ha estimado que existe un mínimo de 15,000 toneladas de demanda insatisfecha en el mundo. Esto se debe fundamentalmente a una baja en las pesquerías este recurso en diversas regiones del mundo lo que ha ocasionado dos fenómenos por un lado un incremento en el precio del producto y por otro un interés en desarrollar la acuicultura del abulón. El abulón como característica de producto es un producto delicado, de sabor exquisito que gusta generalmente a la primera vez que se prueba o que se consume. En Asia se concentra más del 80% de su consumo y existe una verdadera reverencia por el consumo este producto, derivado de una tradición milenaria de su consumo, la atribución de poderes medicinales al abulón, que se considera una demostración de opulencia o de respeto entre quienes consumen este molusco, que tienen precio sólo accesible para los pudientes o la élite ya que se usa en banquetes o bodas como un regalo muy apreciado por ejemplo una lata con un envoltorio es un presente muy bien recibido.

Precio de abulón cultivado

El precio de abulón cultivado se ha mantenido relativamente estable y sólo se ha presentado una ligera baja en su cotización debido a la crisis asiática ocurrida hace algunos años. El precio del abulón cultivado vivo oscila entre \$12 y \$16 dólares la libra, el enlatado de primera calidad

se cotizan en \$36 dólares por lata que contiene ocho piezas, la lata de una libra conteniendo más de 20 abulones se cotiza en \$26 dólares. Los abulones cultivados y enlatados tienen los siguientes precios:

De 3 pulgadas entre \$14 y \$16 dólares por lata, de 3.5 pulgadas entre \$10 y \$12 dólares por lata y por último de 4 pulgadas entre \$7 y \$9 dólares por lata. En el caso de abulón fileteado éste llega a cotizarse en \$44 dólares la libra al mayoreo en el estado de California, U.S.A. Por último la presentación de abulón seco alcanza precios de hasta \$240 dólares la libra al menudeo en el área de San Francisco, California.

Presentaciones del producto

1. Vivo: ésta presentación garantiza al público consumidor tanto frescura como calidad. En el mercado japonés es utilizado para la preparación de platillos como el sashimi y sushi por sus condiciones de sabor, consistencia y apariencia.
2. Enlatado (cocido): la calidad de este producto es regida por la lata marca CALMEX, una de sus ventajas es la capacidad de almacenaje y gran parte de su mercado es de origen oriental.
3. Fresco-congelado: la presentación de este producto permite una duración más prolongada que el vivo, requiere de una logística relativamente complicada, presenta un bajo precio y una buena congelación generalmente deberá hacerse con nitrógeno líquido para lograr el denominado IQF.
4. Filete congelado: el mercado tradicional de este producto son los Estados Unidos de Norteamérica aunque también se llega a vender tanto en Europa como del propio México. Tiene consideraciones sobre su color blanco y de textura.
5. Seco: esta presentación requiere de un proceso complicado, debe lograrse la calidad necesaria de no ser así puede llegarse a pudrir el producto y el principal destino de este producto es el mercado de China, Japón y en general en oriente.

Estándares de calidad de producto (como se compara en relación al abulón silvestre)

Sushi y sashimi: tienen precio más alto, la presentación es de alrededor de 100 gramos, ocho centímetros y es firme pero no duro, es crujiente como pepino, blanco con margen oscuro y tanto sabor como olor son características importantes.

Steaks o filete: la carne desde color blanco y textura blanda (puede cortarse con tenedor) tiene un sabor suave y delicado.

Enlatado: este producto presenta la característica de tener una carne aperlada (sin lo negro de la cabeza) el cuerpo completo de un abulón en la lata, líquido amarillo sin turbidez y un poco chicoso pero no demasiado.

Canales de distribución posibles del abulón

Básicamente en el caso de abulón cultivado se han seguido los canales tradicionales que operan ya en el caso del abulón silvestre. De la granja se va hacia el distribuidor o broker, posteriormente al importador, después al distribuidor en el país, pasando al distribuidor al

menudeo quien lo pone al alcance del restaurante o del establecimiento y por último al consumidor.

Consideraciones y apuntes sobre el mercado

Se necesita hacer un marketing para posicionar adecuadamente al abulón cultivado. Esto implica manejar ciertos volúmenes de producción y destinar tiempo y capital a esta tarea. No es fácil el posicionar de manera adecuada al abulón, sobre todo para conseguir buenos precios en nichos de mercado o presentaciones no tradicionales, por lo que es una verdadera ventaja el tener o contar con personal especializado en ventas y negocios internacionales.

Criterios de selección de arte de cultivo para engorda

Barril o jaula: es necesario tener en consideración elementos como el material (color, rugosidad, resistencia), forma y diseño, posición, tamaño y peso, sombreado, area-superficie de abulón, la disponibilidad de alimento, la relación abulón/ costo del arte de cultivo, resistencia al manejo/ marejadas, que debe ser práctico y económico de manejar y aquí se incluye componente de mano de obra y por último debe estar en un hábitat adecuado. Puede haber más de una técnica utilizada en una granja de producción de abulón.

Ventajas y desventajas de engorda en el mar o en tierra

Existen básicamente cuatro tipos de producción a grandes rasgos:

- a) Ranchos marinos
- b) Barriles o jaulas suspendidas
- c) Cultivo en cautiverio en el fondo
- d) Tanques en tierra

Ranchos marinos: en este tipo de producción, la inversión no es muy alta y el sistema puede ser expandible además de que el abulón se encuentra en su hábitat natural. Posiblemente hay que acondicionar la zona (adición de refugios y eliminación de depredadores). De hecho se tiene poco control del cultivo (extensivo), alimentación (cantidad y calidad), depredadores y asolvamiento entre otros. Sin embargo este sistema presenta problemas entre los que destaca el poco control de inventarios, depredación, migración y posibles robos. Se requiere de buceo.

Barriles o jaulas suspendidas en el mar

Este sistema desde el punto de vista de inversión es más económico comparado con respecto a la producción en tierra, las inversiones son menores. Se tiene control sobre variables importantes (hábitat, densidad, calidad y cantidad de alimento, competencia, depredadores entre otros). Los recambios son muy altos, la alimentación es suplementada naturalmente, por otra parte se tiene un control total sobre las existencias aunque éste puede llegar a ser complicado. Este sistema es fácil de expandir.

Entre las desventajas que presenta este sistema de barriles o jaulas suspendidas se encuentran los siguientes: debe estar en un lugar protegido (caprichos de la naturaleza). La

elección del sitio adecuado es vital (deben considerarse los óptimos de ciertos parámetros, poca variación en el año, sin sorpresas, buena circulación). Debe contar con cierta protección que permita un trabajo adecuado (siembra, manejo, alimentación, servicio y cosecha). Dificulta el manejo (tamizado). Remoto, posibles robos. Complicada costosa logística y cooperación. Es difícil verificar inventarios, estado del cultivo inmediato. Dificulta la etapa de cosecha y manejo del producto. Puede resultar intensivo en mano de obra.

Desventajas de engordar abulón cultivado en tierra

Cuando se cultiva abulón en tierra se tiene un sistema muy independiente, una falla de energía genera una posibilidad alta de mortalidad por ejemplo. Las características del terreno son claves así como las del medio marino contiguo. Requiere de mayor capital (terreno y equipo) y el costo puede ser más alto (flujos de agua y aire intensos, alto recambio). No es fácil expandirse (terreno y equipo) en este tipo de sistemas. Agua filtrada (pérdida de suplemento alimenticio). En estos sistemas se tiene una mayor susceptibilidad a ocurrir enfermedades (manejo) y que éstas proliferen. Asimismo las condiciones de este sistema tienden a intensificar labores de limpieza, alimentación, mantenimiento mecánico entre otros.

Dentro de las ventajas de cultivar abulón en tierra por medio de raceways, encontramos que la operación en tierra es muy cómoda, fácil y efectiva la operación de cultivo en las etapas como son la siembra, alimentación, monitoreo, manejo y cosechado. El sistema es operable todo el año. La densidad poblacional puede ser mayor, manteniendo altos crecimientos. En cuanto los inventarios se puede tener un control total de los mismos (robo, monitoreo). Es más factible el control sobre depredadores, parásitos enfermedades, marea rojas, tormentas, mareas extremas, contaminación, robos. Hay un mayor control sobre la calidad de agua y la sobrealimentación, los inventarios y el control sobre desechos que genera este tipo de producción. Permite por otra parte hacer mejores proyecciones de ventas.

Los factores clave en la engorda en este tipo de sistema denominados raceways son entre otros: el diseño del tanque, la aireación (volúmenes e ingeniería), flujos de agua y circulación, movimiento o turbulencia del agua (estimula la alimentación, evita espacios muertos), agua filtrada, evita bioincrustación limpieza de tubería y carga en el sistema, elimina posible enriquecimiento de dieta en el abulón. Debe ser fácil mantener, hacer servicio y limpiar. Si se tiene en instalaciones techadas es importante pensar en el factor robos y sol. Térmico. Altura del terreno. Pendiente del mismo. Llenado y vaciado rápido. En este sistema de cultivo existen dos divisiones del mismo abierto y recirculado.

Proceso de alimentación y limpieza

La frecuencia y cantidad alimentación estará en función del tipo de dieta, si ésta es natural artificial, de la cantidad de abulones o densidad en el arte de cultivo, del tamaño de los organismos, de la calidad de agua y del medio ambiente, de la temperatura y las condiciones ambientales.

La limpieza es clave en la tasa de recambio y para mantener aceptable las condiciones bióticas y abióticas en el hábitat de los abulones. El método de limpieza puede ser manual, mecánico-eléctrico, con lavadoras a presión y lijadoras, con sifoneo en tanques, vaciado de tanques y lavado con agua de mar y cepillo. La frecuencia de esta limpieza estará en función del tipo de dieta, si es natural artificial y su calidad. De la cantidad de abulones o densidad en arte de cultivo, del tamaño de los organismos y de la calidad de agua y del medio ambiente.

Dentro de las formas de alimentación distinguimos básicamente dos, una que es libre en el arte de cultivo y la otra en donde se sujeta el alimento a ligas o refugios.

Factores económicos y logísticos para la elección del lugar de cultivo

En este apartado es importante considerar la protección natural del sitio con respecto al oleaje de tormenta, el patrón de circulación y la eventual contaminación del área, la calidad del agua, la dinámica costera, los desplazamientos que tendrá que hacer el personal y la estructura para los mismos como puede ser la vivienda de trabajadores, aspectos de infraestructura y servicios entre otros hospitalario, taller, mercado, ferretería y materiales, grúa y posibilidades de recreación.

Manejo de desdobles y tamizados

Se tienen requerimientos de espacio. Disponibilidad de Fouling como alimento. Grandes dejar comer a los organismos chicos. Inhibidores de crecimiento. Facilidad en inventarios y proyecciones. Evaluar crecimientos. Nota puede ser sólo desdobles.

Descripción de la técnica

Se utilizan diversos anestésicos o exfoliación de abulón. Abulones Cultivados, airear tanque previamente 30 minutos con CO₂. Sumergir placas en tanque, en diez minutos se empiezan a desprender. A los 15 ó 20 minutos se ayuda con brocha o espátula. Pasan a granel al área derivado, empezando por los más grandes. Se manejan tres tallas normalmente. Recuperación con fuerte aireación. Se hacen conteo de muestras de 50 o 100 organismos por navecilla, 3-5 conteos dependiendo de la variabilidad de la muestra. Posteriormente se llenan las jaulas con abulones deseados (recuperación). Con respecto a los cuidados debe ser efectivo el anestésico, debe buscarse el tiempo y la concentración óptima de aplicación del mismo. Manejar sin dañar los abulones al arrancarlos (esguince). Siendo la recuperación clave en este proceso.

Aspectos económicos

Fortalezas del proyecto

Un proyecto que contempla el cultivo de abulón tiene un excelente mercado, un precio de venta elevado y una demanda insatisfecha considerable. Existe una base tecnológica que permite esperar resultados positivos. Existe personal especializado en el cultivo de este recurso aunque es escaso todavía. Estos proyectos presentan una rentabilidad alta.

Debilidades del proyecto

El tiempo de producción por lote y las primeras cosechas es muy largo. La inversión inicial es alta. Existe una incertidumbre asociada al propio cultivo (curva de desarrollo y adaptación tecnológica además de la de aprendizaje). Requiere capital adicional para sorpresas o circunstancias difíciles de prever. Trámites largos que pueden ser complicados y difíciles. Se requiere de un equipo técnico especializado y con experiencia en abulón, que además sea creativo, solucionador y de empuje. Se requiere de un equipo administrativo de excelencia. Esta es una actividad interdisciplinaria.

Realidades

Puede ser un negocio muy rentable. La escala debe ser precisada (equipos mínimos complejos y costosos asociados a la producción y ventas).

México requiere para desarrollar esta actividad, crédito (acceso capital), crear e impulsar ejemplos comerciales así como un programa bien cimentado articulado y apoyado para el desarrollo de esta actividad.

Desde el punto de vista de desarrollo tecnológico existen requerimientos de investigación y desarrollo en el país que se pueden separar en los siguientes temas:

- a) Técnica de maduración de sementales en el laboratorio (incluido el alimento)
- b) Sanidad y patología del abulón. Hacer un historial clínico del abulón sano y enfermo, ayudar a la identificación y obtener procedimientos de prevención y posteriormente trabajar en medicamentos.
- c) Nutrición y elaboración de dietas comerciales baratas.
- d) Mejoramiento de sistema de engorda. Probarlo en diversos lugares (sistemas eficientes en costo, resistentes y baratos) ampliar la posibilidad de engorda en mar. Sistema de engorda en tierra, eficiente de bajo costo de mano de obra en limpieza y alimentación. Granjas demostrativas.
- e) Mejoramiento genético.

Estructura de costos en engorda

Los principales gastos en esta fase de la producción de abulón son: sueldos, alimentación, energía (gasolina, electricidad), mantenimiento acuacultural, mantenimiento de personal, oficina, renta, secretaria, permisos, telefono, contabilidad, papelería y ventas.

Características como negocio

Por más pequeña que sea la escala se coincide en que la inversión para un millón producir, hablamos de mínimo un millón de dólares. Se requiere el conocimiento de muchas áreas (interdisciplinaria), hidráulica, mecánica, electricidad como biología, química, estadística, administración, finanzas. Es demandante pensar para mejorar o crear procesos y el trabajo incluye los fines de semana.

Por otra parte es de resaltar que como características del negocio se tiene que la inversión inicial es alta, si realmente del proyecto es concebido como un negocio. La operación es compleja, más en su etapa de laboratorio. Es una actividad muy demandante. El tiempo del proyecto es muy largo (sobre todo pensando la primera cosecha). El proyecto es sujeto a eventualidades imponderables de muy diversa clase. Falta de insumos y servicios especializados (estamos desarrollando juntos en áreas tan diversos como patología, nutrición, contabilidad, etc., no hay asesores expertos, faltan técnicos con experiencia).

Se requiere de una administración eficiente, capaz y comprometida. Asimismo se requiere de un buen equipo técnico que conjugue la experiencia con habilidades a nivel comercial, que tenga capacidad para resolver problemas prácticos inimaginables, con una velocidad para actuar y que la toma de decisiones se tengan elementos a la mano. Este equipo debe dar apoyo irrestricto

pero razonado a la operación, a los aspectos preventivos, debe ser completamente eficiente para tener margen para resolver los imponderables que se presentan continuamente de no ser así, saltan las ineficiencias particularmente en épocas de crisis. El proyecto para tener éxito requiere al final tener un producto de calidad.

Al involucrarse en un proyecto de esta naturaleza hay que considerar una curva de aprendizaje que implica tiempos y costos. El lugar a elegir es un elemento clave para el éxito del cultivo. Se requiere por otra parte inversionistas pacientes y con fe en el proyecto. Ante la falta de experiencia es importante tener una buena base de datos, el conocimiento de lugar, etc..

Ventajas comparativas de México para cultivar abulón

Dentro de estas se pueden mencionar la existencia de especies de abulón de alto valor a nivel internacional. La posibilidad de contar con alimento del medio natural. Excelentes condiciones ambientales. Una contaminación despreciable. No existen barreras legales o ambientalistas aún como en otros países. México es un país cercano a un buen mercado y los más lejanos se tiene posibilidades de acceso. La mano de obra es relativamente baratas.

Diagnóstico clínico del abulón

A nivel de organismo. Índice de condición (peso de carne contra peso de la concha). Banda nueva de crecimiento. Reacción al tacto, movilidad. Capacidad para voltearse. Efecto de largos. Volumen de alimento en el estómago. Madurez. Pigmentación de la piel. Consistencia del callo y piel. Coloración de los tentáculos y boca. Parásitos. Cortadas. Conchas (daño en ellas, perforaciones).

Dentro del diagnóstico de esta actividad productiva también podemos hacer un diagnóstico del arte de cultivo para lo cual debemos analizar la colocación de los abulones, la cantidad de conchas en el fondo y el alimento consumido.

EXPERIENCIAS EN EL CULTIVO INTENSIVO Y USO DE ALIMENTO ARTIFICIAL EN ABULÓN

Stephen Walker

Aquam International, Eréndira, B.C.

Resumen

En ese trabajo se describen las consideraciones de la empresa Aquam Internacional para invertir en una granja de producción abulón en México y se describen las características de infraestructura y operación dicha granja de producción comercial. Se mencionan también la relación que tiene esta empresa con diferentes instituciones de investigación con objeto de abordar diversos temas relativos estudios ambientales, de batimetría, de sedimentación, de nutrición y de acondicionamiento de reproductores entre otros.

La Empresa Aquam Internacional S.A. de C.V. fué fundada en marzo de 1994 con el propósito de iniciar un proyecto de cultivo intensivo de abulón (*H. rufescens*) en el Ejido Eréndira, Baja California, Mexico. Los fundadores contaban con una amplia experiencia en el cultivo del abulón, principalmente el rojo (*H. rufescens*) y con algunos de los cambios que se dieron en las leyes mexicanas les fué posible entrar de lleno en un proyecto de acuacultura en México siendo extranjeros.

La compañía escogió a México para desarrollar su proyecto en lugar de los Estados Unidos por una serie de razones:

- 1) El abulón rojo existe naturalmente en aguas de Baja California, lo que quiere decir que los parámetros físico-químicos del agua son los adecuados para el desarrollo de esta especie.
- 2) El proceso para la obtención de los permisos por parte de las autoridades mexicanas es mucho más sencillo que en los Estados Unidos.
- 3) En Mexico existen varios lugares que cuentan con la infraestructura necesaria sin ningun tipo de contaminación.
- 4) Los gastos de operación son sensiblemente menores que en los Estados Unidos.
- 5) El precio de la tierra es mucho más barato.
- 6) El monto por el pago de los impuestos al gobierno mexicano es mucho más favorable con las empresas dedicadas a la acuacultura que en los Estados Unidos.

Existen varias razones más por las cuales Aquam Internacional escogió el Ejido Eréndira para la construcción de su planta y entre otras podemos mencionar el fácil y rápido acceso al lugar por un camino pavimentado; las parcelas que escogió Aquam colindan con el Océano Pacífico donde existe una gran abundancia de sargazo de varios tipos; existe un río al sur que sirve como fuente de agua dulce; estando la planta localizada aproximadamente a una distancia de 1 km. del poblado. Contamos con electricidad, mano de obra e inclusive teléfono. Las parcelas son planas, lo que reduce los gastos derivados por el bombeo de agua de mar, pero no tan planos, como para no permitir la descarga hacia el mar por gravedad.

Se cuenta con electricidad proveniente de una subestación de C.F.E. ubicada en el poblado. Además se cuenta también con dos generadores de electricidad para casos de emergencia y/o

apagones. Existen un par de bombas de agua con motor de gasolina portátiles que se podrían conectar fácilmente y en cualquier momento que se requiera como respaldo para proveer de agua de mar a las instalaciones .

Actualmente tenemos la capacidad instalada para bombear hasta 3,000 gpm de agua de mar a nuestras instalaciones con 3 bombas electricas de 20 h.p.c/u. Las bombas se encuentran ubicadas muy cerca del mar, de donde se extienden tuberías subterráneas hasta aproximadamente 50 mts dentro del mar donde terminan en una pichancha acoplada a un gran colador fabricado con tubo de acero ranurado para evitar la succión de partículas muy grandes. El agua es bombeada hasta una pila cercana a las instalaciones y de ahí, rebombeada hacia cada una de las diferentes áreas de cultivo por medio de otras bombas que van desde 3 hasta 20 h.p.

El sistema de filtración que tiene Aquam consiste en un separador de arena, seguido de una serie de filtros de arena; para el caso del laboratorio y el área de crianza el agua se hace pasar a través de lámparas ultravioleta. También en el laboratorio tenemos la capacidad de filtrar con filtros de cartucho hasta un tamaño de una micra durante los desoves.

Aquam cuenta con 5 sopladores para proveer aireación a todos los tanques.

Toda la red de tubería para aire está interconectada, pero a la vez independizada por medio de válvulas para cada área de las instalaciones. En caso de ocurrir alguna falla en alguno de los sopladores esto nos permitiría no quedarnos sin aire en ninguna parte de los edificios.

El abastecimiento de agua dulce es directamente de un pozo ubicado dentro de nuestro terreno . Sirve para los baños, limpieza y mantenimiento en general. El monitoreo de la calidad del agua se efectúa físicamente 4 veces al día. Con un salinómetro instalado en nuestra pila de almacenamiento de agua de mar podemos detectar rápidamente cualquier baja repentina en la salinidad, ya que este aparato cuenta con un sistema de alarma.

Las instalaciones comprenden tres áreas distintas donde se realiza el cultivo, contando con una cuarta cuando se tenga la necesidad. La primera área es el laboratorio donde mantenemos a todos nuestros reproductores, hacemos los desoves, y tenemos el cultivo de diatomeas. A la hora de realizar el asentamiento de las larvas, se pasan a una segunda área llamada de crianza. En esta área se tienen 6,000 cubetas, cada una de ellas cuenta con su propia línea de agua y de aire. Los animales crecen aquí durante 3 a 5 meses hasta alcanzar un tamaño de entre 3 y 5 mm. De ahí pasamos los animales a una tercera área, de juveniles, donde tenemos pensado mantener animales hasta una talla aproximada de 25 mm. Cuando hagamos la primera expansión, vamos a construir una serie de "raceways" donde vamos a criar a los abulones de talla entre 25 y 100 mm que será la talla mínima que nosotros consideraremos como comercial.

Aquam mantiene muy buenas relaciones con varias instituciones de investigación en Baja California. Usó los servicios de Biopesca, una compañía privada para llevar a cabo todos los estudios ambientales necesarios para obtener los permisos de operación. La Comisión Federal de Electricidad ha hecho estudios de batimetría 3 veces en el frente de la playa de nuestras instalaciones, hasta una distancia de 2 kms. El CICESE realizó estudios durante 6 meses para determinar el nivel de marea 0.0 justo en nuestras instalaciones.

Con el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la U.A.B.C. Aquam sigue avanzando en relación a las pruebas de nutrición. Estamos experimentando con diferentes tipos de diatomeas, en diferentes concentraciones, con animales de diferentes tamaños.

Efectuamos pruebas con alimento artificial con el fin de acelerar la tasa de crecimiento, sobrevivencia y maduración de reproductores. Estamos por iniciar una serie de estudios con diferentes tipos de sargazo para lograr mejores resultados.

También con la U.A.B.C. estamos analizando diferentes posibilidades para mejorar nuestro sistema de toma de agua en base a estudios de sedimentación para sugerir la manera de eliminar la mayoría de las partículas en suspensión antes de que el agua entre a nuestro sistema.

Aquam está haciendo varios experimentos internos en adición de los que se están haciendo en coordinación con la Universidad. Estamos probando diferentes maneras de acondicionar a los reproductores para que se recuperan más rápido después de un desove. Hemos marcado todos los reproductores y pretendemos seguir las diferentes clases para así poder llevar un registro genético. Hemos hecho pruebas de hibridación con *H. rufescens* y *H. fulgens*. Seguimos haciendo pruebas de ajuste de densidad de animales y diseño de tanques.

La meta de Aquam es lograr una producción de 3 millones de abulones por año con un tamaño mínimo de 100 mm. Actualmente Aquam Internacional cuenta con aproximadamente 500,000 animales de entre 10 y 75 mm. Estamos en el proceso de cambiar todo el sistema de cultivo de post-larvas que actualmente es por medio de cubetas a un sistema de canastas con láminas. De esta manera bajaremos nuestros costos de operación y aprovecharemos más eficientemente el espacio que tenemos disponible. Probablemente falten tres años más para que Aquam llegue a contar con un inventario que nos sitúe como los líderes de este renglón en el país.

UNIDAD DEMOSTRATIVA DE CULTIVO DE ABULÓN

PARTICIPANTES EN EL PROYECTO:

S.C.P.P. "LA PURÍSIMA", S.C.L.

T.A. GUSTAVO LUCERO (RESPONSABLE DEL PROYECTO).

FIRA - BANCO DE MÉXICO, B.C.S.

Resumen

Como parte de un convenio desarrollado entre la Cooperativa La Purísima y FIRA-Banco de México para incentivar la producción de abulón a través del cultivo comercial, se integra información, en el presente trabajo, sobre diversos aspectos de una granja demostrativa que fue construida en la zona de Punta Eugenia, B.C.S., establecida gracias al Programa de Apoyo a la Adopción de Tecnología. A través de ese trabajo se hace una reseña de aspectos como macro y micro localización del proyecto y las metas consideradas para el establecimiento de esta granja demostrativa así como de la descripción general de la capacidad instalada y los servicios de la misma. Por último se abordan aspectos de la metodología del cultivo del abulón y se reportan los resultados de la operación de esta Unidad Demostrativa en el periodo de noviembre de 1998 a noviembre del año 2000.

INTRODUCCIÓN

En México, por más de 50 años la pesquería del abulón ha representado una de las actividades más importantes que se desarrollan en la costa occidental de la península de Baja California, principalmente por su gran demanda a nivel internacional, lo cual hace que sea un producto de alto valor comercial, fincándose en gran medida en él, la actividad tanto económica como social de las comunidades pesqueras establecidas en esa región.

A partir de 1981, la regulación de la pesquería establecía que los permisionarios de pesca coadyuvarían en los programas de cultivo y repoblación de las especies explotadas, que para tal efecto instrumentaría la Secretaría de Pesca, según el Diario Oficial de la Federación. Con el otorgamiento, a partir de 1992, de concesiones pesqueras para el aprovechamiento del abulón para las cooperativas pesqueras, las medidas de cultivo y repoblación se convierten en obligatorias.

Actualmente existen varias sociedades cooperativas dedicadas a la explotación del abulón, con aproximadamente 200 equipos abuloneros que desarrollan sus actividades en una porción de costa concesionada en algunos casos, y en otros, permisionadas, dependiendo de esta actividad directa e indirectamente unas 20,000 personas (Ortiz y León, 1988). Sin embargo, tanto en México como en otros países productores de abulón, existe una severa crisis en la pesquería de este gasterópodo, pues las capturas de los años recientes han sufrido una fuerte reducción con respecto a las registradas hace 20 años, inducidas por factores diversos tales como estrategias inadecuadas de explotación, la captura ilegal, la posible afectación por cambios climáticos globales como el fenómeno de El Niño, así como a la sobreexplotación, pues es un común denominador que a medida que van creciendo las comunidades pesqueras, crece también la necesidad de fuentes de trabajo y esto trae como consecuencia lógica ejercer mayor presión pesquera sobre los recursos silvestres tradicionalmente explotados o diversificar las pesquerías a otras especies que a su vez, también deberán de explotarse de forma racional y así sucesivamente. Esta interrelación se vuelve crítica cuando no existen recursos pesqueros

comercialmente explotables para diversificar la pesquería y los tradicionalmente explotados se encuentran agotados. **En este momento es cuando se piensa en la acuicultura como única alternativa para fomentar la actividad pesquera en general.**

Por lo anterior, así como por la gran demanda que tiene este molusco en el mercado internacional, nace la idea de promover el establecimiento de proyectos comerciales de abulón, con lo cual se pueda solucionar esta problemática y recuperar o incrementar la producción del recurso.

Hoy en día la producción de semillas de abulón *Haliotis* spp. se está realizando en distintas regiones del mundo, incluyendo nuestro país, donde se está produciendo semilla de *H. fulgens* y *H. rufescens* en laboratorios ubicados en la Península de Baja California (Muciño-Díaz, 1995), parte de la cual está siendo cultivada en Baja California hasta un tamaño de 60-70 mm.

De acuerdo a la información disponible, el cultivo intensivo de abulón va ganando terreno a la repoblación de bancos naturales y tiende a consolidarse como una actividad económica rentable.

ANTECEDENTES

Desde los años setenta se han intensificado los esfuerzos a nivel mundial para el cultivo de abulón y se han obtenido notables avances tecnológicos a partir del modelo japonés, cuya aplicación se ha extendido a países como Australia, Canadá, Chile, Francia, E.U.A. y México (Ebert y Houk, 1984).

En nuestro país, los primeros esfuerzos realizados fueron tendientes al cultivo de semilla con fines de repoblamiento de zonas sobreexplotadas. En 1970 en la Estación de Biología Pesquera del Sauzal, B.C., se efectuaron los primeros desoves de abulón rojo, *Haliotis rufescens* y abulón azul, *Haliotis fulgens*. En ese mismo Centro, en 1972 se inició el primer programa de cultivo de abulón del país, que consistió en la producción de semilla en laboratorio, para repoblar zonas sobreexplotadas (Félix Cota, 1972).

En 1981 y 1982 en el laboratorio de Eréndira, B.C. se realizaron desoves y se produjeron algunos cientos de semillas de abulón por técnicos de la entonces Secretaría de Pesca. Sin embargo, es hasta 1983 cuando, mediante un convenio, la Federación de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera y la Secretaría de Pesca, iniciaron lo que fue el segundo programa de producción de semilla de abulón con fines de repoblamiento en el país.

Por lo que se refiere al estado de Baja California Sur, la primera acción en firme hacia el establecimiento del cultivo de abulón se dió en el año de 1984, cuando la Secretaría de Pesca, hoy Semarnap, puso en operación el Centro de acuicultura de Bahía Tortugas. El Centro fue originalmente diseñado para la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la producción de semilla de especies nativas, principalmente abulón azul *Haliotis fulgens* y abulón amarillo *H. corrugata*, así como para la capacitación y entrenamiento de los cuadros técnicos que, en el mediano plazo, pudieran operar nuevos laboratorios en otras localidades, granjas de producción intensiva y programas de repoblación de bancos naturales sobreexplotados (Mazón -Suástegui *et al.* , 1989a).

En el año de 1987 la Federación de Cooperativas Baja California acordó construir, en Punta Eugenia, B.C.S., un nuevo laboratorio productor de semilla con instalaciones para el cultivo intensivo a la talla medallón (Mazón-Suástegui *et al.* , 1989a); proyecto que se realizó pero que por una deficiente organización para el trabajo no funcionó permaneciendo hasta la fecha cerrado.

De las actividades más recientes, se tienen las experiencias de la SCPP La Purísima, la cual inició actividades de acuicultura con un laboratorio de producción de larvas de abulón de la especie *Haliotis fulgens* en fase de asentamiento en el año de 1994. El diseño, construcción y operación del mismo, fue realizado por personal técnico de esta cooperativa con la finalidad de contribuir mediante la acuicultura al fomento y preservación de las especies de abulón *Haliotis* spp., lográndose importantes aportaciones en esta área.

A partir de Noviembre de 1994, se inician los primeros trabajos de inducción artificial de desove, mediante métodos combinados como desecación, shock térmico y agua de mar irradiada con luz ultravioleta, adquiriéndose experiencias en el control del desove y el manejo de gametos. Durante el período de noviembre de 1994 a enero de 1997 se liberaron un total de **15'710,000** larvas veliger a punto de fijación en las zonas concesionadas de la sociedad. Los trabajos fueron documentados en 2 videograbaciones las cuales han sido presentadas en Foros internacionales y han recibido el reconocimiento de la comunidad científica.

S.C.P.P. LA PURÍSIMA, S.C.L.

Esta Sociedad cooperativa inició actividades de acuicultura con un laboratorio de producción de larvas de abulón de la especie *Haliotis fulgens* en fase de asentamiento en el año de 1994.

A partir de Noviembre de 1994, fueron colectados lotes de reproductores silvestres de abulón azul, aprovechando la temporada natural de madurez sexual que se presenta en el medio para producir los primeros lotes de larvas; es así como se inician los primeros trabajos de inducción artificial de desove, mediante métodos combinados como desecación, shock térmico y agua de mar irradiada con luz ultravioleta, adquiriéndose experiencias en el control del desove y el manejo de gametos.

Durante el período de noviembre de 1994 a enero de 1997 se liberaron un total de 15'710,000 larvas veliger a punto de fijación en las zonas concesionadas de la sociedad. Durante esta etapa el personal técnico de la cooperativa elaboró un video técnico sobre el proceso de producción de larvas de abulón en fase de asentamiento, liberación en el medio natural y su evaluación, con el Título de: "**Rehabilitación y fomento del recurso abulonero a través de la liberación de larvas véliger de abulón azul, *Haliotis fulgens* en etapa de asentamiento en el medio silvestre, a través de la segunda etapa de la técnica de mareas de cría**" (M. Higuera y A. Castro Martínez; Reunión Técnica para el Análisis de la Pesquería de Abulón en la Península de Baja California; La Paz, B.C.S. Octubre de 1995).

Posteriormente, se realizó una segunda video grabación denominada: "**Production and releasing of veliger larvae of the blue abalone, *Haliotis fulgens* in settlement stage in Punta Eugenia, B.C.S., México**", contribución presentada durante el tercer Simposium Internacional de Abulón, celebrado en el centro de convenciones "Asilomar" en la Ciudad de Monterey, Ca., E.U.A., del 26 al 31 de Octubre de 1997- Garden Grove, Ca., E.U.A.

En enero de 1996, el personal Técnico de la cooperativa hizo una propuesta de reubicación y ampliación del laboratorio productor de larvas de abulón al Consejo de Administración, ya que existía la necesidad de una mejor distribución de las áreas de trabajo, para la obtención de larvas y poder disponer de los espacios apropiados para el desarrollo de las distintas fases del trabajo. En 1997 se construyó un nuevo laboratorio, concluyendo su instalación en octubre de 1998, iniciando operaciones en noviembre de ese mismo año.

UNIDAD DE VALIDACIÓN

Conociendo los avances de la Cooperativa mencionada, **FIRA** a través de su **Programa de Apoyo a la Adopción de Tecnología**, le propuso apoyarla para elaborar e implementar un Proyecto que validara los trabajos anteriores pero que además permitiera determinar la factibilidad tanto técnica como económica para desarrollar la actividad de cultivo a nivel comercial, estableciendo una **Unidad Demostrativa** para lo cual fue necesario la construcción de un nuevo laboratorio financiado con recursos de la propia Cooperativa, iniciando operaciones en Noviembre de 1998.

Para la realización de estos trabajos, se seleccionó una zona en el medio natural, la cual se encuentra protegida del oleaje directo del mar, cuenta con las condiciones óptimas para el desarrollo de los organismos y permitirá un mejor control de éstos. El hecho de que la liberación y cultivo de la larva se vaya a realizar en el medio natural, se debe por una parte a que el cultivo en tierra requiere de una gran inversión inicial; por otra parte, se considera que los organismos que sean criados en condiciones naturales, expuestos parcialmente al oleaje, a algunos depredadores, a la acción de las mareas y a la exposición de estos al ambiente externo, darán como resultado organismos adaptados al medio natural, de modo que aquellos que sean destinados al repoblamiento de las zonas sobreexplotadas, tendrán mayores probabilidades de sobrevivir e incorporarse en un tiempo determinado a la pesquería.

Es importante señalar que el presente proyecto incorporará las etapas de preengorda en el medio natural, es decir, se dará seguimiento a las larvas en fase de asentamiento que hayan sido liberadas en el área protegida, hasta que se tengan organismos en fase de preengorda 5-8 mm; parte de esos organismos buscarán salida hacia otras zonas, considerándose que se incorporarán en un mediano plazo a la pesquería; otra parte será transferida a zonas sobreexplotadas con fines de repoblamiento. Otra de las etapas que se incluirán en el presente proyecto, será la engorda en medio natural, empleando como arte de cultivo, jaulas de fondo colocadas en áreas menos expuestas a las corrientes de fondo; en esta etapa, se transferirán a las jaulas organismos cuya talla promedio sea de 15 mm de longitud de concha, pretendiendo llevarlos a una talla comercial de cultivo de alrededor de 60 -80 mm de longitud.

De esta forma la unidad funcionará como un vivero natural de donde se proveerán organismos para el repoblamiento, adaptados desde larvas al medio natural, así como para el cultivo comercial. Conforme a los resultados que se vayan obteniendo, se determinará la conveniencia de realizar las fases de preengorda y engorda en tierra, para lo cual será necesario incorporar a las actuales instalaciones las áreas respectivas.

METAS

Año 1:

- 1) **Desarrollar biotecnologías** para el cultivo a escala de laboratorio, tales como: **producción de larvas** en fase de asentamiento **y juveniles de abulón**, para llevar a cabo **programas de engorda y repoblamiento**, utilizando el **100 %** de la capacidad instalada actual, en lo referente a contenedores para desove, cultivo larvario, así como, estanquería para el asentamiento y cultivo de juveniles de hasta 15 mm de longitud de concha. Sobre la base de esta capacidad instalada, se pretende producir **50'000,000 de larvas en fase de asentamiento; 23,000-35,000 juveniles de 5 mm y 7,000 juveniles de 15 mm.**

Años 2 - 5:

- 2) Contar con un método confiable para medición del impacto del repoblamiento en el medio natural a partir de larva fijadora que permita determinar la viabilidad técnica y económica.
- 3) Determinar el método más efectivo y eficiente para inducción de larva al asentamiento.
- 4) Desarrollar un paquete tecnológico adaptado a las condiciones de la región, que permita llevar los resultados obtenidos de preengorda y engorda a una escala piloto comercial. Se pretende obtener 12,000 abulones de talla comercial de cultivo (60-80 mm de longitud de concha).
- 5) Evaluar los resultados obtenidos durante los primeros años, para determinar la expansión a una escala comercial de la actividad de cultivo en cautiverio en el medio natural (engorda) y/o en sistemas supralitorales, así como las actividades de repoblamiento, considerando para ello su viabilidad técnica y económica.
- 6) Establecer un **Mecanismo de Control y Seguimiento** oportuno y preciso de la situación de la unidad demostrativa, con fecha límite **fin de diciembre de 2000**.
- 7) Implementación de al menos **2 proyectos comerciales** de cultivo en la Zona Pacífico Norte.

ESTRATEGIAS

- 1) Diseñar coordinadamente con el Técnico encargado del Laboratorio, un **Plan para la Atención, Seguimiento y Control de la Unidad Demostrativa**, esto adaptando los formatos establecidos por FIRA para ello.
- 2) Cambiar el formato de los informes periódicos de los avances en el logro de las metas de la unidad demostrativa, empleando los formatos que FIRA tiene para ello.
- 3) Asegurar que la Administración de la Cooperativa mantenga una estrecha comunicación con el área encargada de la Unidad demostrativa y con FIRA, para que se cuente oportunamente con la información necesaria para evaluar los avances del proyecto.
- 4) Generar formatos que permitan dar un seguimiento detallado de los costos fijos y variables de la unidad demostrativa, así como de las inversiones que se realicen. La Administración de la Cooperativa en coordinación con el Técnico, se responsabilizarán de registrar la información en dichos formatos y de proporcionarla oportunamente a FIRA. Esta información es indispensable para determinar la viabilidad económica del proyecto.
- 5) **Demostración y divulgación** de resultados obtenidos a la fecha, a través de revista especializada, periódico y algún tríptico.

MACROLOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área de influencia del proyecto, abarca la Zona Pacífico Norte de la entidad, la cual se encuentra dentro del municipio de Mulegé, donde se localizan 8 sociedades cooperativas de producción pesquera, quienes cuentan con una concesión pesquera para el aprovechamiento de especies como el abulón, langosta, caracol, etc.

Dentro de la zona mencionada, en la parte norte, se encuentra la población de Bahía Tortugas, la cual cuenta con aproximadamente 4 mil habitantes; la distancia de Cd. Constitución a este poblado es de 672 km. (534 de carretera asfaltada y 172 de brecha); ahí se ubican las oficinas de 4 cooperativas, dentro de las cuales está la S.C.P.P. "La Purísima", S.C.L.

En el poblado se cuenta con los servicios mínimos indispensables como el agua, la cual es transportada desde una estación de bombeo ubicada en el Valle de Viscaíno, a través de un acueducto de aproximadamente 135 km; energía eléctrica, generada mediante 2 plantas diesel, las cuales son operadas por un patronato que se encarga de cobrar a cada casa un costo por la energía consumida, adquirir el diesel y estar al pendiente de la operación de las mismas; el suministro de energía eléctrica no es constante, por lo cual cada cooperativa y algunos particulares cuentan con pequeñas plantas propias, para asegurar sus necesidades; servicio médico, para lo cual se cuenta con dos pequeños hospitales, uno de SSA y otro del ISSSTE; teléfono, telégrafo, correo y otros.

MICROLOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El sitio donde se ubica el proyecto se encuentra al norte del campo pesquero de "Punta Eugenia", (localizado a 24 km al noroeste de Bahía Tortugas), dentro del área concesionada a la sociedad cooperativa de Productos Pesqueros La Purísima, en los 27 ° 51' 07" de Latitud Norte y 115 ° 04' 39" de Longitud Oeste.

Punta Eugenia cuenta con una población aproximada de 200 habitantes. La mayoría de los servicios básicos son suministrados por la cooperativa; el abastecimiento de agua se realiza mediante pipas, la energía eléctrica se genera mediante planta generadora a diesel, la cual opera aproximadamente 14 horas al día; los alimentos y medicamentos son transportados tanto por la cooperativa como por los mismos residentes del lugar desde Bahía Tortugas; la atención médica solo se encuentra en Bahía Tortugas, por lo que la persona enferma tiene que ser trasladada; la comunicación, a falta de red telefónica, se realiza por radio. La transportación de productos de la pesca se realiza por medio de unidades con caja aislada y/o refrigerada, propiedad de la cooperativa, a Bahía Tortugas, B.C.S., y a Ensenada, B.C.

CARACTERÍSTICAS DEL LABORATORIO

El laboratorio es una construcción de madera y piso de cemento, con dimensiones de 9.76 m de largo por 9.76 m de ancho, ocupando una superficie total de 95.26 m², distribuidos en las siguientes áreas:

Área de desove, fertilización, lavado y asentamiento de larvas, en esta área se encuentra instalado el filtro de arena sílica de alta velocidad, filtros cuno, batería de lámparas U.V. (6 Unidades de 8.54 m por 6.10 m).

Área de cultivo de larvas de 3.66 m por 3.66 m con dos tinacos para almacenamiento y distribución de agua.

Área Seca de 3.66 m por 3.66 m, donde se encuentra el microscopio, computadora, etc.

Área de progenitores (Acondicionamiento de reproductores), de 3.66 m por 3.66 m.

Almacén de 2.44 m por 2.44 m.

Sanitario con baño y lavabo, de 1.22 m por 2.44 m.

Cisterna para suministro de agua con capacidad de 30,000 litros.

Caseta de bombeo.

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y SERVICIOS BÁSICOS

Suministro de Energía Eléctrica:

La Energía eléctrica requerida por el laboratorio será de la generada para el poblado de Punta Eugenia, B.C.S.; el laboratorio requiere un suplente constante de energía; para ello, se contempla la adquisición de un generador portátil de electricidad.

Suministro y Almacenamiento de Agua de Mar:

El sistema constará de una bomba centrífuga acoplada a un motor diesel, donde se proveera de energía de la planta de energía localizada en el campo pesquero de Punta Eugenia.

El agua de mar será bombeada directamente a través de una tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro a una pila elevada de sedimentación y almacenamiento de agua de 25 ton de capacidad.

En esta pila se precipitarán materiales sólidos en suspensión que se succionen durante el bombeo. El agua de mar captada será conducida por gravedad hacia el laboratorio a través de una tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro. Esta tubería será de propósito doble para evitar el desarrollo de organismos que se fijen en el interior de la misma. Posteriormente el agua de mar pasará por un filtro de arena sílica marca jacuzzi de 60 GPM para posteriormente ser distribuida al interior del laboratorio a través de una red de tubería de 2 pulgadas de diámetro.

Requerimientos de Agua Dulce:

El agua dulce que se requerirá para el personal del laboratorio será enviada a través de camión repartidor para almacenarla dentro de 2 tinacos de 1 m³; de capacidad cada uno.

Suministro de Aire:

Se contará con un turbo aireador con motor eléctrico para flujo de aire y agua a presión. El aire será conducido del turbo aireador hacia el interior del laboratorio a través de una red de distribución de tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro.

Microscopios y Material Técnico:

Para observaciones microscópicas de embriones, larvas, postlarvas y substratos para el asentamiento de larvas, se contará con un microscopio estereoscópico y un microscopio óptico, además de accesorios técnicos adicionales como pipetas graduadas, contadores de células, hematocitómetro, vidrio de reloj, cajas de petri, porta objetos, pipetas de plástico desechables,

y otros. Para el monitoreo de parámetros fisicoquímicos del agua de mar en las diferentes áreas, se contará con refractómetro, termómetros, potenciómetro y oxímetros.

Áreas Técnicas:

Desove y cultivo de larvas.- Cuenta con 6 lámparas de rayos U.V. Marca Aquanetics Modelo 30 IL, que utiliza agua de mar filtrada a 1 micra; un sistema individual de desoves para 20 reproductores y 30 cubetas de plástico de 18 litros cada una para el cultivo de larvas, que en conjunto ofrecen un volumen de 900 litros. Esto ofrece una capacidad de producción de 8'100,000 larvas eclosionadas por desove.

Asentamiento de larvas.- Cuenta con 2 tanques de fibra de vidrio de forma semicilíndrica de 165 cm de largo por 79 cm de ancho por 45 cm de alto en la parte central, con una capacidad de siembra de larvas de 55,905 en 18,635 cm² de superficie de cada uno. En conjunto los dos tanques tienen una capacidad de siembra de 111,810 larvas véliger en una superficie de 37,270 cm².

Cultivo de diatomeas.- Consta de 2 charolas rectangulares de fibra de vidrio; una de 152 cm de largo por 76 cm de ancho por 15 cm alto y la otra de 90.5 cm de largo por 76 cm de ancho por 15 cm de alto ofreciendo en conjunto una superficie de curado de paredes de 2,764.5 cm².

Cultivo de juveniles hasta 15 mm de longitud de concha (preengorda).- Se construirán jaulas de malla de plástico tipo vexar de 50 cm de largo por 40 cm de ancho por 50 cm de alto, con láminas de plástico o fibra de vidrio en su interior de 50 x 50 cm, pudiendo contener un total de 3,000 abulones cada una.

Engorda.- Se contará con un total de 10 jaulas con estructura de acero inoxidable cubiertas con malla plástica con una luz de 3 de pulgada con dimensiones de 137 cm de largo por 77 cm de ancho por 84 cm de alto cada una. Cada jaula contará con placas de concreto en su interior, teniendo una capacidad para 2 a 3 mil abulones de 60-80 mm por jaula.

METODOLOGÍA DEL CULTIVO

I. Obtención de Reproductores.- Mediante buceo semiautónomo, se colectarán organismos maduros de *Haliotis* spp. del medio natural durante la época de desove, la cual se presenta en condiciones normales entre los meses de septiembre a mayo; para determinar la madurez de los organismos, el buzo seleccionará aquellos cuya gónada sobresalga del margen de la concha.

II. Limpieza de reproductores.- Los organismos extraídos serán transportados al laboratorio en el menor tiempo posible y una vez ahí, se hará una segunda selección eligiendo aquellos con mayor grado de madurez; se limpiará su concha con una espátula para retirar todos los organismos adheridos a ella y se cepillarán para quitar los residuos. Posteriormente se pasarán al área de inducción al desove.

III. Inducción al desove.- Existen varios métodos para la inducción al desove, tales como el shock térmico, desecación, peróxido de hidrógeno y agua irradiada con luz ultravioleta; en el caso particular se utilizará éste último y se realizará individualmente en contenedores de plástico de 18 lt de volumen, para obtener un mejor control sobre la fertilización y el manejo de gametos; se ajustará el flujo de agua entre 200-300 ml/min en cada uno de los contenedores y después de una hora de iniciada la inducción se tomará la temperatura y se observará la respuesta al estímulo. El número de organismos machos y hembras a inducir será en proporción de uno a uno.

IV. Fertilización.- Una vez que se lleva a cabo el desove, se espera que se asienten los óvulos, los cuales serán muestreados para ser seleccionados de acuerdo a su forma y tamaño, colectándose mediante sifón (manguera de vinil) hacia otro contenedor de 18 lt a través de un tamiz de 500 micras que retendrá los residuos; los óvulos colectados se dividen en varios contenedores agregándose agua esterilizada con luz ultravioleta y filtrada a 1 micra; se recomienda que el número de óvulos que se distribuyan en cada contenedor sea tal cantidad como óvulos se asienten en el fondo formando una sola capa, lo cual sería una densidad aproximada de 1400 huevos/cm². De cada contenedor, en el caso de los espermatozoides, serán seleccionados aquellos que presenten mayor motilidad, haciéndose una mezcla de agua de esperma de 2 ó más machos, que serán agregados a los contenedores con óvulos, a una concentración de 200 mil a 400 mil espermatozoides/ml; se espera de 1 a 3 minutos y se toma una muestra que se observará al microscopio para saber si ya han sido fecundados; posteriormente se afora el contenedor hasta los 18 lt de volumen, los huevos fecundados se asentarán entre 10 a 15 minutos y una vez que esto sucede, se realizará el lavado por decantación con el objeto de eliminar el exceso de esperma y huevos defectuosos, repitiendo este procedimiento de 5 a 10 veces; al terminar el lavado de huevos, se colocan en contenedores a una densidad de 400 mil por contenedor y se ponen en un área con temperatura constante para su incubación.

V. Cultivo de larva.- La eclosión se presenta dentro de las 10 a 18 horas después de la fertilización y una vez que ésta se inicia, la mayoría de los huevos eclosionarán en un lapso de 30 minutos, considerándose que los que tardan más tiempo serán larvas defectuosas; las larvas sanas nadarán activamente en la superficie del agua y es en este momento cuando se pueden separar de los residuos de huevos tales como membranas, capa gelatinosa y larvas defectuosas, para lo cual se toman las dos terceras partes del volumen del contenedor tan pronto como esto sea posible; la densidad del cultivo será regulada a 10 ó 15 mil larvas por ml.

Una vez que las larvas han completado el desarrollo de su concha (véliger), se realiza el primer cambio de agua, eliminando el agua de cría lo más pronto posible; el contenedor debe decantarse sobre un tamiz de 8 micras sumergido en una charola con agua para retener las larvas y preferentemente deberá ser reemplazado por otro o en su defecto lavarse muy bien para evitar la contaminación del cultivo; posteriormente las larvas serán colocadas nuevamente en el contenedor y éste se aforará a 18 lt utilizando agua de mar filtrada a 1micra, tratada con luz ultravioleta y no deberá tener una diferencia de + - 1 °C con respecto a la temperatura en que se encontraban las larvas; se mantendrá un sistema de cultivo estático sin flujo de aireación y sin alimentación; el agua se cambia tres veces al día hasta que se complete el desarrollo larvario y se encuentren en fase de asentamiento lo cual puede durar de 5 a 7 días dependiendo de la temperatura del agua.

VI. Fijación o asentamiento de larvas.- Para esta etapa se utilizarán diferentes tipos de superficie de fijación, siendo las siguientes:

- a) Fijación en láminas: 2 ó 3 meses antes de la fijación, se colocan láminas de fibra de vidrio en un flujo de agua salada, para realizar la captación de diatomeas que se adhieren a éstas; posteriormente se ponen juveniles de abulón a pastorear sobre ellas para que por una parte, reduzcan la capa gruesa de diatomeas y por otra dejen mucus sobre ellas el cual funcionará como un inductor natural para la fijación de la larva, la cual se fijará en alrededor de 10 a 12 horas. Es importante señalar que la manera de definir el momento en que la larva está a punto de fijación será observando a través del microscopio, cuando el tercer túbulo del tentáculo cefálico de la larva esté formado; será en este momento cuando se realizará la propagación de larva al medio natural, tanto a la zona para la unidad de validación como a las zonas de la cooperativa donde menos organismos se encuentren, asimismo se dejará el número de larvas que puedan ser llevadas hasta juveniles, de acuerdo a la capacidad instalada del laboratorio.

- b) Fijación en tanques de fibra de vidrio: 2 o 3 días antes de la fijación, se cultivarán diatomeas bentónicas en los tanques, se aplicará el inductor al asentamiento, el cual será aproximadamente a las 10- 12 horas.
- c) Fijación en medio natural: **1.- En área protegida:** Primeramente se realizará una evaluación de los abulones silvestres que pudieran encontrarse en el área y se extraerán los depredadores naturales del abulón como pulpos y jaibas; **2.- En bancos naturales:** En este caso no se evaluará la zona previamente y solo se liberará la larva en bajamar.

VII. Producción de semilla.- La larva que será llevada a juvenil en laboratorio se dejará en los tanques de fijación hasta alcanzar los 5-8 mm de longitud, lo cual se logra en 3 ó 4 meses; en dicha talla el organismo cambia su alimentación, incluyendo en su dieta, además las micro algas, macro algas, por lo que se les proporcionará una dieta mixta basada en diatomeas y macro algas. Cuando los organismos han alcanzado la talla mencionada, serán desprendidos de las paredes de los tanques, utilizando un anestésico (benzocaína ó CO₂) que facilite esta labor, y desprendiéndolos con una brocha.

VIII. Preengorda.- Cuando los organismos son desprendidos, serán transferidos al área protegida, la cual se pretende que funcione como un vivero donde se tendrían organismos que crecerán en condiciones naturales expuestos al oleaje, corrientes, bajamares, la acción de algunos depredadores, dando como resultado organismos adaptados al medio natural con una mayor probabilidad de sobrevivencia hasta talla comercial; parte de los organismos de esta área serán transferida al área de engorda una vez que alcancen los 15 mm de longitud de concha y otra parte será liberada o agregados a bancos naturales donde puedan alcanzar la talla comercial de extracción.

En esta etapa y de acuerdo a la infraestructura con que se cuente, parte de los organismos pasarán la preengorda en el laboratorio, para lo cual, serán transferidos a jaulas construidas con malla plástica tipo vexar, con una estructura de flotación de pvc de 1/2" de diámetro; además, con la finalidad de incrementar la superficie de área, se colocarán láminas de plástico en su interior que servirán de sustrato para los organismos; dichas jaulas serán colocadas dentro de los tanques de fibra de vidrio permaneciendo ahí hasta que los organismos alcancen una talla promedio de 15 mm de longitud de concha.

IX. Engorda.- En esta etapa deben tomarse las siguientes consideraciones con el fin de incrementar las posibilidades de éxito:

1.- Selección del lugar.- El sitio donde se llevará a cabo la etapa de cultivo deberá:

- Estar protegida del efecto físico del mar.
- Contar con un sustrato de roca que presente estabilidad al movimiento del mar.
- Contar con un nivel de agua suficiente para que los organismos no queden expuestos a las condiciones ambientales.
- Permitir el fácil acceso para realizar el manejo de las artes de cultivo.

En este caso ya se cuenta con un área que reúne las condiciones requeridas.

2.- Artes de cultivo.- Las artes de cultivo a emplear, deberán:

-Ser de un material resistente a la corrosión; en este sentido el material de la estructura a utilizar será de acero inoxidable, con paredes de malla plástica tipo vexar de 3" de luz, con placas interiores de concreto colocadas en forma horizontal.

-Permitir su fácil manejo para alimentación, limpieza y supervisión de los organismos, en este caso, las jaulas contarán con una puerta desprendible y se tratará de que los módulos de láminas sean independientes y puedan extraerse con facilidad para su revisión.

-Sus placas interiores estar orientadas de manera tal que permitan la libre circulación del agua sin oponer resistencia.

Una vez cubierto lo anterior, la engorda inicia con la introducción de organismos con longitud promedio de concha de 15 mm a las artes de cultivo, manejando grupos de diferentes densidades con la finalidad de encontrar la densidad óptima de cultivo en función del espacio ofrecido al organismo. Las jaulas serán instaladas en un área del fondo, previamente seleccionada, la cual se encuentra menos expuesta a la acción de las corrientes de fondo. Durante esta etapa los organismos se alimentarán semanalmente a base de macroalgas (sargazo ó coliflor marino) o una dieta mixta. Se aprovechará también para realizar la limpieza de las jaulas, cepillando las paredes y tratando de eliminar en lo posible depredadores que se hayan introducido; asimismo, se extraerán las conchas vacías, las cuales se procederán a contar y medir.

Durante el cultivo se realizarán biometrías, se registrarán parámetros fisicoquímicos, condiciones climatológicas; los datos obtenidos permitirán establecer un criterio permanente del comportamiento del desarrollo general del cultivo, así como las condiciones biológicas de los organismos mantenidos en el sistema.

X. Alimentación.- Durante el cultivo larvario, no se requiere alimentación suplementaria; en asentamiento y metamorfosis, los organismos se alimentan a base de diatomeas bentónicas, las cuales deben tener un tamaño menor de 10 micras para poder ser ingeridas por las larvas que se han asentado. Las diatomeas serán cultivadas en el laboratorio, seleccionando aquellas cuyo tamaño sea igual o menor a 10 micras, para ser utilizadas en la preparación del sustrato de fijación de larvas; aquellas cuyo tamaño sea mayor, serán usadas para alimentar abulones juveniles.

La preparación del sustrato de fijación generalmente comienza 24 horas antes de sembrar la larva, inoculando los tanques con diatomeas hasta formar una película muy fina; los tanques serán reinoculados de acuerdo al consumo de alimento por los organismos durante el pastoreo; cuando alcancen una talla de 5 mm serán transferidos al área de pre engorda donde se alimentarán con macroalgas (*Macrosystis pyrifera*, *Eisenia arborea*), contemplándose también la posibilidad de proporcionara alimento artificial.

BIBLIOGRAFÍA

Ebert, E.E. y J.L. Houk. 1984. Elements and Innovations in the Cultivation of red abalone *Haliotis rufescens*. *Aquaculture* Vol. 39 (1-4): pp. 375-392.

Maeda-Martínez, A. F. Magallón-Barajas, M.C.Rodríguez-Jaramillo, A. Pérez-Serrano, H. León-Castro y M. Ramade-Villanueva. 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico del Cultivo de abulón. Documento Interno. Sepesca-Cibnor. 77 pp.

Ogawa, J. M. Muciño-Díaz y D. Aguilar-Osuna. 1992. Producción de semilla de abulón azul *Haliotis fulgens* en el laboratorio de la Soc. Coop. Progreso de Prod. Pesquera, SCL, en La

- Bocana, B.C.S., México. Documento Interno. Jica/SCPP. P. CRIP-La Paz. INP. Dir. Gral. De Pesca. SIC XI (109): 43 pp.
- Ortíz-Quintanilla, M. 1980. Un sistema para inducir el desove de abulón en los campos pesqueros de Baja California, México. Mem. 2^o Simp. Latinoamericano Acuicultura I: 871-881.
- Salas-Garza, A. y R. Searcy-Bernal. 1987. Repoblación de bancos naturales de abulón ó cultivo en cautiverio. Res. VII Cong. Nal. Oceanogr. México. 219.
- Salas-Garza, A. y R. Searcy-Bernal. 1990. Problemas y alternativas del cultivo de abulón en México. Serie científica, UABCS, México, 1 (No. Esp. 1 AMAC): 51-58.
- Searcy-Bernal, R. Y A. Salas- Garza. 1990. Investigaciones sobre el cultivo de abulón en la Universidad Autónoma de Baja California, México. Serie científica. UABCS. 1 (No. Esp. 1 AMAC): 44-50.
- Ogawa, J. M. M. Díaz , Daniel Aguilar. 1992. Producción de semilla de abulón *Haliotis fulgens* en el laboratorio de la Sociedad Cooperativa Progreso de Producción Pesquera, SCL, en La Bocana, B.C.S., México. Ed. INP-JICA Vol. 1. 63 p.
- Hahn, K.O., 1989. Handbook of Culture de Abalone and other marine gastropods. CRC Press. Inc. 2000 Corporate Blvd., N.W., Boca Raton, Florida, 33431. 0-348 p.p.



RESULTADOS DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DEMOSTRATIVA



NOVIEMBRE DE 1998 – NOVIEMBRE DE 2000

El abulón constituye uno de los recursos pesqueros de mayor importancia para la Península de Baja California por los altos ingresos que se obtienen de su comercialización en el mercado internacional.

Sin embargo, desde 1984, esta pesquería sufrió un drástico descenso como ya se ha mencionado, a pesar de las medidas implementadas por la entonces secretaria de Pesca, hoy SEMARNAP, como son temporadas de veda, tallas mínima legal, cuotas de captura, etc., mostrando de 1985 a 1995 una moderada recuperación en la producción, lo cual sugiere que ésta ha sido muy lenta. Hoy en día, las Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera, concesionarias del recurso, no han visto resultados concretos que representen una clara superación del estado de riesgo en que se encuentra, es por esto, que el cultivo de abulón debe ser visto como una alternativa viable, que ayude en el mediano plazo a superar las producciones y mediante el repoblamiento a través de la propagación de larvas competentes y semillas producidas en laboratorio a fin de lograr, en buena medida la rehabilitación de los bancos naturales.

Es en base a lo anterior, que la S.C.P.P. "La Purísima", S.C. de R. L., con apoyo financiero de FIRA-BANCO DE MÉXICO, puso en operación la unidad demostrativa para el cultivo de abulón ubicado en Punta Eugenia, B.C.S., la que ha estado produciendo importantes cantidades de larva en fase de asentamiento y efectuado convenios con investigadores de instituciones nacionales, con el objeto de conocer la efectividad del repoblamiento en las diferentes áreas de influencia de la zona abulonera y, además producir semilla con la tendencia a desarrollar actividades de engorda, ya que se estima que, probablemente en los próximos 5 años, a nivel mundial, la producción de abulón de cultivo, estará por encima de la producción obtenida mediante las capturas en el medio natural. En la actualidad, países que no cuentan con existencias silvestres, como es el caso de Chile e Israel, están cultivando abulón con resultados muy satisfactorios.

Así pues, podemos considerar factible recuperar los niveles de producción que se registraron en décadas pasadas, mediante su cultivo. Es indudable que como beneficiarios inmediatos de este recurso, las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera de la Zona Pacífico-Norte de Baja California Sur, pueden hacer del cultivo de abulón a gran escala, una actividad económicamente rentable y ser competitivos en el mercado internacional, ya que en algunos países de Europa y Asia, los precios de abulón de cultivo, oscilan entre los 22 y 70 dls. el kilogramo, dependiendo de la calidad y presentación del producto.

La Unidad Demostrativa de Cultivo de Abulón, tiene un período operativo, que comprende de noviembre de 1998 a noviembre de 2000, realizando actividades de producción de larvas en fase de asentamiento, destinadas al repoblamiento, mediante su propagación en el medio natural, en áreas específicas, previamente seleccionadas, así como la producción de semilla destinada a la engorda, a fin de lograr el desarrollo del cultivo a su etapa comercial.

Se colectaron organismos adultos (reproductores) sexualmente maduros en proporción 1:1, aprovechando la temporada natural de desove en el medio, para ser inducidos a desovar en condiciones de laboratorio.

PRODUCCIÓN DE LARVAS DE ABULÓN AZUL (*Haliotis fulgens*) EN FASE DE ASENTAMIENTO DURANTE LA TEMPORADA 1998-1999.**NUMERO DE DESOVES: 4**

1^{er}. Desove; se llevó a cabo el 5 de noviembre de 1998, obteniéndose un total de 4'775,000 larvas.

2^o. Desove; el 20 de noviembre de 1998, obteniéndose un total de 16'099,000 larvas.

3^{er}. Desove; el 2 de enero de 1999, obteniéndose un total de 4'748,000 larvas.

4^o. Desove; el 9 de enero de 1999, obteniéndose un total de 10'357,000 larvas.

El total de larvas de abulón azul, producidas en esta temporada fue de 35'979,400 de las cuales 35'879,000 fueron destinadas a la actividad de repoblamiento, mediante su propagación en áreas específicas del medio natural.

PRODUCCIÓN DE LARVAS DE ABULÓN AZUL (*Haliotis fulgens*) EN FASE DE ASENTAMIENTO DURANTE LA TEMPORADA 1999-2000.**NÚMERO DE DESOVES: 2**

1^{er}. Desove; se realizó el 27 de noviembre e 1999, obteniéndose un total de 4'000,000 de larvas.

2^o. Desove; el 8 de diciembre de 1999, obteniéndose un total de 1'000,000 de larvas.

El total de larvas producidas durante la temporada fue de 5,000,000 de las cuales, la totalidad de ellas, se destino a actividades de repoblamiento mediante su propagación en áreas específicas del medio natural

PRODUCCIÓN DE LARVAS DE ABULÓN AMARILLO (*Haliotis corrugata*) EN FASE DE ASENTAMIENTO DURANTE LA TEMPORADA 1999-2000.**NUMERO DE DESOVES: 2**

1^{er}. Desove; se efectuó el día 25 de enero de 2000, obteniéndose un total de 3'000,000 de larvas.

2^o. Desove; el día 23 de marzo del 2000, obteniéndose un total de 4'000,000 de larvas.

El total de larvas producidas durante la temporada fue de 7'000,000 de las cuales 6'800,000 se destinaron a actividades de repoblamiento, mediante su propagación en áreas específicas en el medio natural.

La cantidad total de larvas producidas en las dos temporadas de desove en que ha operado la unidad es de 47'979,000 larvas, tanto de abulón azul, como de abulón amarillo, de las cuales

47'679,000 larvas se destinaron a actividades de repoblamiento y 300,400 al asentamiento en laboratorio para la producción de semilla.

PRODUCCIÓN DE JUVENILES DE ABULÓN AZUL (*Haliotis fulgens*) Y DE ABULÓN AMARILLO (*Haliotis Corrugada*)

En esta unidad se han logrado producciones de 18,000 a 20,000 organismos para el caso del abulón azul y de 15,000 organismos de abulón amarillo, en un talla promedio de 5mm de longitud, así como 8,000 organismos de abulón azul y 6,000 organismos de abulón amarillo en una talla superior a 15 mm de longitud.

Con la finalidad de poder contar con el espacio suficiente durante las diferentes etapas del desarrollo de los organismos, se construyó un área anexa al laboratorio destinada a la etapa de pre engorda, la cual, a la fecha, se encuentra concluida y entrará en operación durante la temporada 2000-2001.

Con la adecuación de las tecnologías que se aplican en otros países productores de abulón de cultivo, se puede considerar que en la actualidad, se cuenta con una tecnología eficiente y aplicable a las características y condiciones de la región, para lograr producciones a gran escala, haciendo de esta una actividad económica rentable.

Entre otras actividades que ha realizado la unidad con el apoyo de FIRA-BANCO DE MÉXICO y la S.C.P.P. "La Purísima", S.C. de R.L., le ha sido posible al personal técnico participar en Talleres, Congresos, Cursos, Simposium, tanto internacionales como nacionales, presentando ponencias relacionadas con el desarrollo de la actividad, lo cual ha permitido dar a conocer las experiencias y resultados obtenidos.

En octubre de 1997, participó en el 3^{er}. Simposium Internacional de Abulón "BIOLOGÍA, PESQUERIA Y CULTIVO", celebrado en la ciudad de Monterrey, C.A. E.U.A., los días 25 al 31 de octubre, presentando la videgrabación titulada PRODUCTION AND RELEASING OF VELIGER LARVAE OF THE BLUE ABALONE *Haliotis fulgens* IN SETTLEMENT STAGE IN PUNTA EUGENIA, B.C.S, MÉXICO.

En febrero del 2000, participó en el 4^o. Simposium Internacional de Abulón "BIOLOGÍA, CULTIVO Y PESQUERIAS", celebrado en la ciudad de Cape Town, Sudáfrica, los días 6 al 11 de febrero, presentando el trabajo titulado "STATUS OF THE ABALONE FISHERY BETWEEN 1996 AND 1999 ON ABALONE LOCATIONS OF THE FISHERY COOPERATIVA PRODUCTION SOCIETY LA PURÍSIMA, S.C. DE R.L., BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO".

Asistencia al Curso "El Abulón, su Cultivo Intensivo y de Repoblamiento", organizado por FIRA, en la ciudad de La Paz, B.C.S., del 25 al 27 de febrero de 1998.

Asistencia al Taller Anual de Abulón, que se llevó a cabo del 18 al 20 de octubre de 2000, en las instalaciones del CRIP en la ciudad de La Paz, B.C.S.

En agosto de 1999, se efectuaron convenios de participación en proyectos de investigación, con investigadores del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) de la ciudad de La Paz, B.C.S., por medio del Programa Sistema de Investigación del Mar de Cortés (SIMAC-CONACYT), con el fin de realizar ensayos experimentales en las instalaciones de la unidad.

NOMBRE DEL PROYECTO:

“EVALUACIÓN DE MACROALGAS UTILIZADAS COMO ALIMENTO EN GRANJAS DE ABULÓN EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA”.

RESPONSABLE: DRA. ELISA SEVIERE ZARAGOZA (CIBNOR)

Con el fin de evaluar la calidad y aprovechamiento de macroalgas en juveniles de abulón azul *Haliotis fulgens*, alimentados con diferentes dietas y recomendar el uso de algunas macroalgas como alimento de juveniles, en relación al aprovechamiento del alimento principal *Macrocystis pyrifera*.

NOMBRE DEL PROYECTO:

“EVALUACIÓN DE LA REPOBLACIÓN DE ABULON AZUL (*Haliotis fulgens*) EN LA PENINSULA DE BAJA CALIFORNIA”.

RESPONSABLE: DR. RICARDO PÉREZ ENRÍQUEZ (CIBNOR)

Con el objeto de evaluar la composición genética de los stocks reproductores, progenie y poblaciones silvestres involucrados en los programas de repoblación de abulón azul.

Evaluar la sobrevivencia de larvas y juveniles liberados como parte de los programas de repoblación.

Cuantificar el número efectivo de reproductores en el laboratorio, mediante análisis de pedigrí.