

CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE JUVENILES DE *Argopecten purpuratus* EN SISTEMAS DE FONDO Y SUSPENDIDO EN LA ZONA DE CASMA, PERÚ

GROWTH AND SURVIVAL OF JUVENILES OF *Argopecten purpuratus* IN BOTTOM AND SUSPENDED CULTURES IN CASMA, PERU

Juan Arturo Alcázar Zamora¹ y Jaime Mendo Aguilar¹

Resumen

Este estudio compara el crecimiento y supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* “concha de abanico” cultivados en sistema de fondo y suspendido en la zona de Casma, Ancash-Perú. Del 29 de Julio y 21 de Octubre del 2006 se instaló un experimento usando “pearl nets” y corrales con individuos de 10mm (0.067g de parte blanda) a densidades de 816, 2450 y 4080 individuos/m². Cada 2 semanas se colectaron 20 individuos y se registro la altura (mm) y peso de partes blandas (gramos) y mensualmente el número de muertos. Adicionalmente se registró información sobre los costos de producción para comparar la rentabilidad en ambos sistemas. Al final del experimento las tallas y pesos en el cultivo suspendido fueron mayores que en fondo y se relacionaron inversamente con la densidad. Las tasas de crecimiento en talla y peso en el sistema suspendido oscilaron entre 0.07 y 0.43 mm/día y entre 0.009 y 0.100 g/día y en el cultivo de fondo variaron entre 0.11 y 0.26 mm/día y entre 0.007 y 0.045 g/día, respectivamente. Una mayor supervivencia en promedio se registró en el sistema suspendido (96.8%) que en fondo (84.8%). Los resultados del ANOVA mostraron que la densidad y el sistema de cultivo afecta significativamente al crecimiento y supervivencia de juveniles de concha de abanico ($P < 0.01$). El análisis costo-beneficio realizado demuestra que es mas rentable cultivar juveniles en sistemas de fondo que en suspendido y que la densidad de 4080 ind/m² permite obtener los más altos beneficios en el cultivo suspendido y la densidad de 816 ind/m² en el de fondo. Se discute la factibilidad de la adopción del cultivo de fondo de juveniles de concha de abanico por parte de empresas y pescadores artesanales con el fin de obtener mejores beneficios.

Palabras clave: Crecimiento, densidad, cultivo suspendido, cultivo de fondo, *Argopecten purpuratus*, Perú

Abstract

This study analyzes and compares the growth and survival of juvenile *Argopecten purpuratus* cultivated in suspended and bottom systems in Casma, Ancash-Peru. From July 29th to October 21th, 2006 an experiment was installed using pearl nets and yards with individuals of 10mm (0.067g of soft tissue) at densities of 816, 2450, and 4080 indiv/m². Every two weeks individuals were measured (mm, shell height) and weighted (g, total and tissue weight) and dead scallops counted. Additionally information on production costs was recorded in order to compare profits in both systems. At the end of the experiment height and weight were higher in suspended than in bottom system and showed an inverse relation with density. Growth rates in height and weight in suspended system ranged from 0.07 to 0.43 mm/day and from 0.009 and 0.100 g/day and in bottom system varied between 0.11 and 0.26 mm/day and between 0.007 and 0.045 g/day, respectively. Survival was higher in suspended (96.8%) than in bottom systems (84.8%). The ANOVA showed a significant effect of density and culture system on growth and survival of juvenile scallops ($P < 0.01$). The cost-benefit analysis demonstrated that scallop culture in bottom systems is more profitable than in suspended systems. Maximum profit is reached in bottom systems at a density of 4080 ind/m² and at 816 ind/m² in suspended systems. The feasibility of the adoption of bottom systems for culture of juveniles by enterprises and fisherman is discussed.

Key words: Growth, density, suspended culture, bottom culture, *Argopecten purpuratus*, Peru

Introducción

La concha de abanico *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) se ha constituido como uno de los moluscos más importantes de la costa del Pacífico, no sólo por su alta productividad, sino también por la

importancia que tiene como producto de exportación. La explotación de esta especie en el Perú hasta antes del fenómeno de El Niño 1982-1983 era insignificante y alcanzaba niveles de desembarque entre 500 y 1000 t al año (Mendo *et al.*, 1988). El Niño trajo un

incremento en los niveles poblacionales de este recurso y así se crearon los primeros criaderos a nivel comercial con semilla proveniente de bancos naturales. Actualmente en el Perú la producción proveniente de cultivos se ha incrementado notablemente y se ha convertido en el principal producto marino de exportación para los mercados de Francia y USA (PRODUCE, 2007a).

Desde hace varias décadas, el cultivo de concha de abanico a nivel mundial se realiza en sistema de fondo y en suspendido, este último ha sido adoptado en muchos países debido a que con este sistema se logra una mayor tasa de crecimiento en comparación a los ejemplares de los bancos naturales, además de ofrecerles protección contra los depredadores (Ventilla, 1982). En este contexto en Perú se han desarrollado trabajos como el de Ysla *et al.* (1987), Cisneros & Arguelles (1996), Mendo *et al.* (2002) y Cano (2004) que muestran las bondades del cultivo suspendido. Solo muy pocos trabajos reportan experiencias en cultivo de fondo a nivel experimental como el de Wolff & Wolff (1983), Mendo & Jurado (1993) y de Robles *et al.* (1988) en la Bahía de Paracas (Pisco). Sin embargo, el sistema suspendido requiere de una inversión mayor que el cultivo de fondo por lo que en muchas zonas de la costa peruana el cultivo de fondo es la alternativa más usada para el cultivo o engorde de adultos de concha de abanico, no solo por empresas privadas sino por la mayoría de los pescadores artesanales que practican esta actividad (Mendo *et al.*, 2002; Flores *et al.*, 2005).

En el Perú, la zona de Casma donde actualmente concentra las mayores áreas marinas otorgadas en concesión para el cultivo de esta especie (PRODUCE, 2007b) se ha convertido en una de las zonas más importantes en la producción de concha de abanico en Latinoamérica (Mendo *et al.*, 2001). En esta zona al igual que en otras se combina el cultivo suspendido y de fondo solo en la etapa de engorde de adultos. El engorde de juveniles se realiza usando los "pearl nets" donde los individuos crecen hasta aproximadamente los 30mm para luego pasar a las linternas para su engorde hasta la talla comercial. El uso de "pearl nets" para el cultivo de juveniles por los altos costos que tiene es usado solo por empresas privadas y esta limitada para los pescadores artesanales de bajos recursos. Hasta hoy en día no existen trabajos sobre la factibilidad del cultivo de juveniles en sistemas de fondo como una alternativa viable en términos biológicos y económicos que le permita tanto a las empresas como a los pescadores artesanales

aprovechar con eficiencia el sistema bentónico en sus áreas de cultivo.

Es por ello que el presente estudio tiene como objetivo comparar el crecimiento y supervivencia de individuos juveniles de *Argopecten purpuratus* cultivados en sistemas de fondo y suspendido, así como los costos y beneficios que generan la producción en ambos sistemas y de esta manera evaluar la viabilidad del cultivo de juveniles en sistemas de fondo.

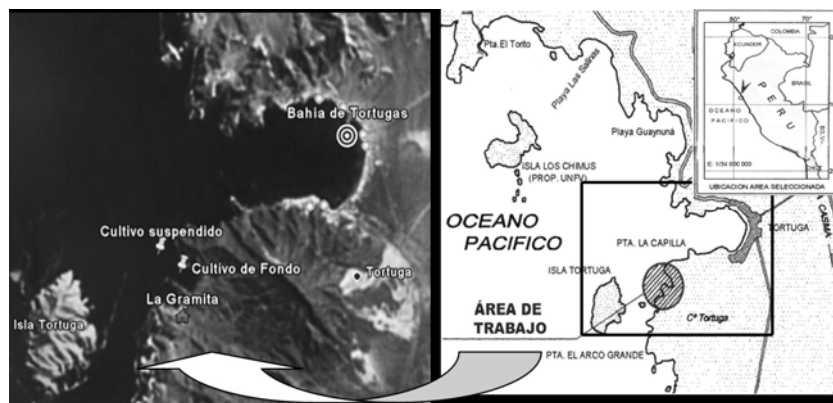


Figura 1. Mapa de ubicación del lugar donde se desarrolló el experimento en la zona Casma-Ancash.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en la concesión de cultivo de la empresa "Acuícola Sechin" situada en Playa la Gramita de Piedra (09° 22' LS y 78° 25' LW), en la zona de Casma, colindante con la Bahía de Tortugas, a 392 Km al norte de Lima (Figura 1) del 29 de Julio al 21 de Octubre del 2006.

Crecimiento y supervivencia de juveniles

El experimento fue instalado usando como unidades experimentales 9 "pearl nets" (3 repeticiones por densidad) de 0.1225 m² de área basal c/u (6mm de tamaño de malla) y 9 corrales (3 x densidad) de 0.785 m² de área c/u construidos con malla anchovetera. Los "pearl nets" fueron suspendidos en una línea de cultivo a 7 m de profundidad y los corrales colocados en el fondo a una profundidad de 11 m. La semilla usada en el experimento fue captada utilizando bolsas colectores de "netlon" azul las cuales estuvieron expuestas desde el 27 de Mayo al 29 de Julio del 2006 (63 días) en la columna de agua entre los 3 y 7 m de profundidad. Los individuos juveniles de 10 mm y de 0.067 g fueron sembrados al azar y con 3 replicas a densidades de 816, 2450 y 4080 ejemplares/m².

Los muestreos biológicos se realizaron cada 2 semanas para lo cual se colectaron al azar 20 individuos por cada unidad experimental. De cada individuo se registro la altura (mm), peso total con valva y peso de partes blandas (g) utilizando un vernier de 0.1 mm y una balanza digital con aproximación 0.01 g, respectivamente. Así mismo, una vez al mes se realizó el conteo de los individuos muertos de cada unidad experimental, los cuales

fueron reemplazados por juveniles vivos de la misma población colectada al inicio que fue mantenida bajo las mismas densidades y de similar altura para mantener la densidad inicial del stock. Adicionalmente cada quincena se registraron los parámetros de temperatura y concentración de oxígeno con un termómetro simple y un kit de oxígeno (Hanna Instruments).

Las medidas de altura y peso de parte blanda obtenidas para cada individuo fueron promediados para cada unidad experimental ("pearl net" y corral) y las tasas de crecimiento expresadas en mm/día y g/día. Los datos de crecimiento y supervivencia fueron analizados mediante un análisis de varianza de dos vías (two-way ANOVA) para determinar el efecto de la densidad y del tipo de sistema de cultivo en términos de crecimiento y supervivencia en cada fecha de muestreo. En aquellos análisis donde se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) se les aplicó el análisis de comparación de medias de Tukey (Zar, 1984). Adicionalmente se obtuvo el peso de las valvas mediante la diferencia del peso total y el peso de las partes blandas, este valor se expreso en porcentaje y se comparó entre los sistemas de cultivo.

Análisis costo-beneficio

La información relacionada con los costos de producción (mano de obra directa e indirecta, materia prima, sistemas de cultivo, entre otros) así como la depreciación de los sistemas de cultivo fue colectada durante la fase experimental. Esta información fue proporcionada por la empresa "Acuícola Sechin S.A." y también obtenidos de entrevistas con representantes de empresas, laboratorios y entidades relacionadas al sector acuícola o de literatura disponible. El costo y requerimiento de mano de obra directa se calculó en función al jornal diario de los obreros (S/. 20.00) y motoristas y buzos (S/.33.00). La mano de obra indirecta esta representada por el personal de guardianía en la concesión. El costo y requerimiento de combustible se calculó considerando el consumo en las diferentes fases del cultivo, el cual varía en función a la cantidad de manojos sembrados.

Se elaboró un cuadro de costos totales para cada tratamiento en cada sistema de cultivo. Los costos, fueron proyectados para un área de 1 hectárea de mar. Ello significativo un total de 4 líneas de 100 m para el cultivo suspendido y 4 corrales circulares de 2000 m² c/u para el cultivo de fondo. El análisis de los costos de producción y depreciación fue realizado para un periodo de pre-engorde de 3 meses y para estimar el beneficio postventa se considero un valor de 10 soles/manojo del producto al final del cultivo de juveniles.

Resultados

Parámetros físico-químicos

La temperatura para el sistema suspendido de 14.8 a 17°C y para el sistema de fondo fue de 15°C a

16.9°C (Tabla 1), mostrando los valores más altos en la segunda quincena de Agosto y los más bajos en el mes de Octubre (Figura 2). Por otro lado la concentración de oxígeno disuelto para el cultivo suspendido al nivel de la línea oscilo entre 2.1 a 6.5 mg/L mientras que para el cultivo de fondo fue de 2.35 a 6.1 mg/L (Tabla 2). El valor más alto se registro en la quincena de Septiembre coincidentemente en fechas de fuerte oleaje.

Tabla 1. Temperatura (°C) registrada en sistema suspendido y fondo en la zona de Casma-Ancash

FECHA	TEMPERATURA (°C)	
	SUSPENDIDO	FONDO
29-Jul	16.5	16.3
05-Ago	16.4	16.3
12-Ago	16.5	16.5
19-Ago	17.0	16.9
26-Ago	16.8	16.7
02-Sep	16.2	16.0
09-Sep	16.0	15.8
16-Sep	15.8	15.7
25-Sep	15.6	15.8
30-Sep	16.0	15.0
07-Oct	15.2	15.1
14-Oct	15.6	15.6
21-Oct	14.8	15.2

Tabla 2. Oxígeno (mg/L) registrado en sistema suspendido y fondo en la zona de Casma-Ancash.

FECHA	OXÍGENO (mg/L)	
	SUSPENDIDO	FONDO
29-Jul	2.10	2.35
05-Ago	5.35	5.20
12-Ago	5.35	4.25
19-Ago	5.20	4.35
26-Ago	5.10	3.50
02-Sep	4.40	3.50
09-Sep	4.25	3.25
16-Sep	6.50	6.10
25-Sep	5.65	3.70
30-Sep	4.80	2.70
07-Oct	4.10	3.10
14-Oct	4.50	4.90
21-Oct	3.40	5.30

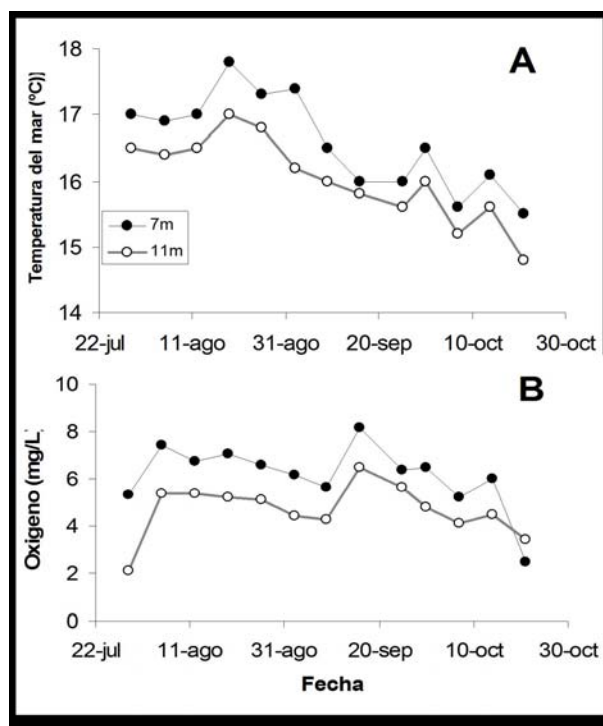


Figura 2. Variación de la temperatura (A) y oxígeno disuelto (B) registrados a 7 y 11 metros de profundidad en la zona de Casma-Ancash entre Julio y Octubre del 2006.

La tabla 3 muestra las tasas de crecimiento en talla en el cultivo suspendido que oscilaron entre 0.07 y 0.46 mm/día y fueron similares hasta Agosto para luego decrecer con la densidad hasta el final del periodo. Por otro lado en el sistema de fondo las tasas de crecimiento en altura oscilaron entre 0.11 y 0.26 mm/día y no mostraron grandes variaciones hasta el final del experimento superando inclusive a las tasas de crecimiento del cultivo suspendido (Figura 3B).

El crecimiento en peso promedio de las partes blandas en todo el periodo de estudio fue mayor en suspendido que en fondo (Figura 4A), superando en más del 100% en peso de partes blandas al final del periodo en las tres densidades. El peso promedio al final del experimento osciló entre 2.07 y 4.53 g en suspendido y entre 1.11 y 1.69 g en fondo. Las tasas de crecimiento en peso de las partes blandas oscilaron entre 0.009 y 0.100 g/día para el cultivo suspendido y 0.007 y 0.045 g/día para el cultivo en sistemas de fondo (Figura 4B). En cultivo suspendido una reducción notable de las tasas de crecimiento se observó a partir de la tercera quincena en densidades de 2450 y 4080 ind/m² y a partir de la cuarta en la densidad de 816 ind/m². Las conchas cultivadas en fondo no experimentaron cambios notorios en las tasas de crecimiento en peso e incluso, tal como se observó con la talla, al final del experimento superaron a las tasas de crecimiento en suspendido.

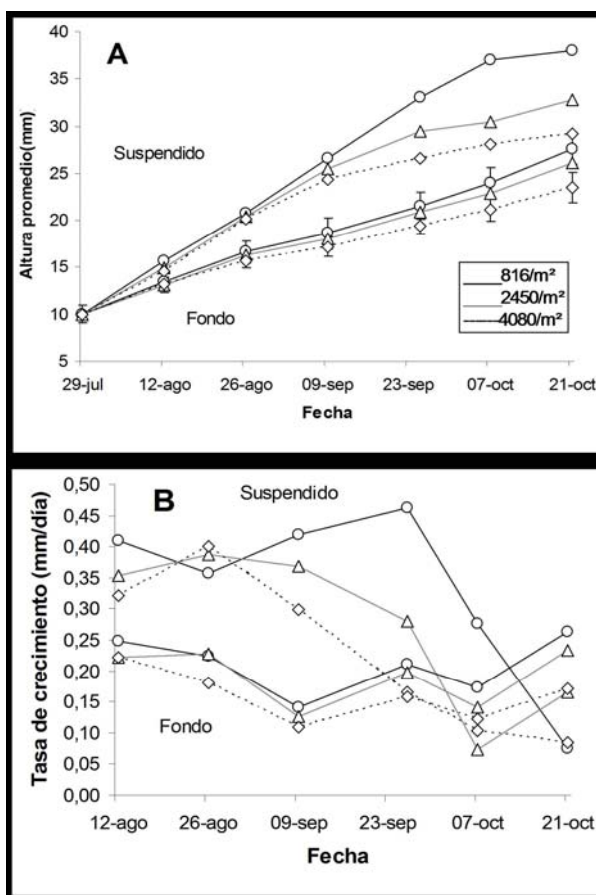


Figura 3. Altura promedio (A) y tasa de crecimiento (B) de juveniles de *Argopecten purpuratus* cultivados en sistema suspendido y fondo a diferentes densidades en la zona de Casma-Ancash entre Julio y Octubre del 2006.

Tabla 3. Tasa de crecimiento (mm/día) de juveniles *Argopecten purpuratus* cultivados en sistema suspendido y de fondo a diferentes densidades en la zona de Casma (Jul.-Oct. 2006).

		Tasa de crecimiento suspendido (mm/día)			
Fecha	Sistema de cultivo	Individuos/m ²			Promedio
		816	2450	4080	
12-Ago	Suspendido	0.41	0.35	0.32	0.36
26-Ago		0.36	0.39	0.40	0.38
09-Sep		0.42	0.37	0.30	0.36
25-Sep		0.46	0.28	0.17	0.30
07-Oct		0.28	0.07	0.10	0.15
21-Oct		0.08	0.17	0.08	0.11
	Promedio	0.33	0.27	0.23	0.28
12-Ago	Fondo	0.25	0.22	0.22	0.23
26-Ago		0.22	0.23	0.18	0.21
09-Sep		0.14	0.13	0.11	0.13
25-Sep		0.21	0.20	0.16	0.19
07-Oct		0.17	0.14	0.12	0.15
21-Oct		0.26	0.23	0.17	0.22
	Promedio	0.21	0.19	0.16	0.19

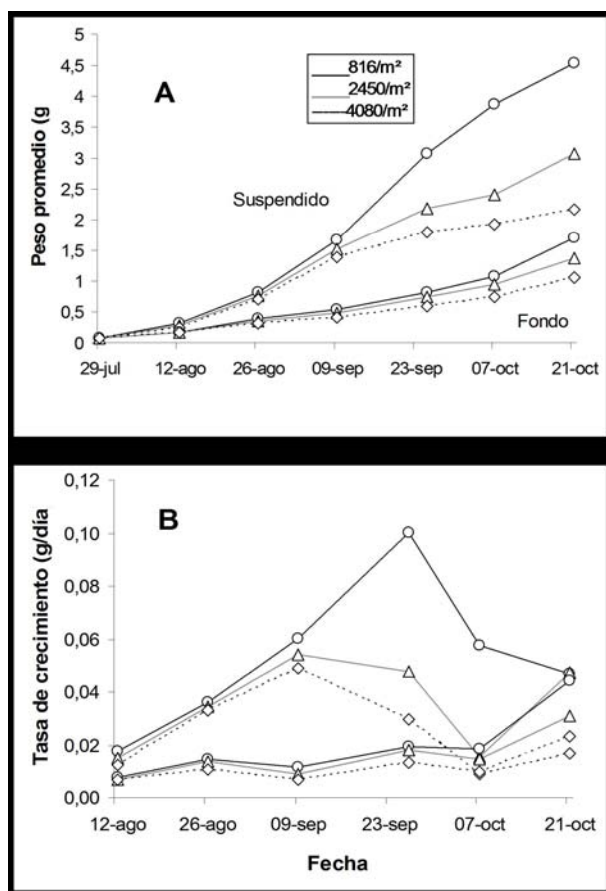


Figura 4. Peso de partes blandas promedio (A) y tasa de crecimiento (B) de juveniles *Argopecten purpuratus* cultivados en sistema suspendido y fondo a diferentes densidades en la zona de Casma-Ancash entre Julio y Octubre del 2006.

Los resultados del ANOVA (Tabla 4) aplicado a todos los datos de altura y peso de partes blandas obtenidos al final del estudio mostraron que existe un efecto significativo de los sistemas de cultivo sobre el crecimiento, que la densidad afecta significativamente al crecimiento y que las diferencias del crecimiento entre densidades no es el mismo bajo condiciones de cultivo suspendido y fondo ($P < 0.01$). La prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 5) mostró diferencias significativas de la altura final entre todas las densidades entre ambos sistemas de cultivo y en cuanto al peso final no lo hizo solo entre las densidades de 2450 y 4080 ind/m².

Tabla 4. Análisis de varianza para la variable altura y peso de partes blandas final de juveniles *Argopecten purpuratus* cultivados en dos sistemas de cultivo y tres densidades diferentes en la zona de Casma.

FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	FCAL	P- value
Altura					
Sistema de cultivo	1	260.48	260.48	183.52	0.0001
Densidad	2	124.78	62.39	43.96	0.0001
Error	14	19.87	1.42		

Peso de partes blandas					
Sistema de cultivo	1	15.92	15.92	90.97	0.0001
Densidad	2	6.85	3.43	19.58	0.0001
Error	14	2.45	0.17		

Tabla 5. Resultado de la prueba de comparación de medias (Tukey) para la variable altura y peso de partes blandas final de juveniles *Argopecten purpuratus* cultivados en dos sistemas de cultivo y tres densidades diferentes en la zona de Casma.

Densidades	Amplitud límite significativa	Diferencia de promedios	Significancia
Altura			
D1 – D2		3.412	Si
D1 – D3	1.7996	6.446	Si
D2 – D3		3.034	Si
Peso partes blandas			
D1 – D2		0.892	Si
D1 – D3	0.6318	1.503	Si
D2 – D3		0.611	No

D1 = 816 ind/m² D2 = 2450 ind/m² D3 = 4080 ind/m²

La tabla 6 muestra el porcentaje del peso de las partes blandas y de las valvas en función del peso total de los individuos al final del experimento en ambos sistemas de cultivo. En ella se puede observar que en cultivo suspendido las valvas representaron entre el 53.6 y 54.7% del peso total de las conchas y entre 62.9 y 64.2% en cultivo de fondo.

La supervivencia promedio en cultivo suspendido (96.8%) fue mayor que en cultivo de fondo, (84.8%) y tiene una relación inversa con la densidad de cultivo en ambos sistemas (Tabla 7), es decir una mayor densidad presenta menos supervivencia.

Tabla 6. Peso de las valvas (%) de *Argopecten purpuratus* registrado al final del experimento de cultivo a diferentes densidades en sistemas suspendido y fondo en la zona de Casma-Ancash.

Sistema de Cultivo	Rep.	Densidad (ind/m ²)								
		816			2450			4080		
		PT g	PB g	% V	PT	PB	% V	PT	PB	% V
Suspendido	1	9.72	4.37	55.0	7.17	3.21	55.2	5.06	2.32	54.1
	2	9.95	4.72	52.5	6.53	2.96	54.6	4.73	2.11	55.3
	3	9.64	4.50	53.3	6.64	3.05	54.1	4.56	2.07	55.7
	Prom.			53.6			54.7			54.7
Fondo	1	4.81	1.68	65.2	3.91	1.38	64.8	2.84	1.02	63.9
	2	4.72	1.73	63.3	3.7	1.32	64.2	2.83	1.04	63.2
	3	4.7	1.69	64.1	3.88	1.42	63.4	2.89	1.11	61.6
	Prom.			64.2			64.2			62.9

Tabla 7. Supervivencia promedio mensual (%) de juveniles de *Argopecten purpuratus* cultivados a diferentes densidades en sistemas suspendido y de fondo.

Densidad ind/m ²	Sistema de cultivo	Supervivencia (%)			Promedio
		Agosto	Setiembre	Octubre	
816	Suspendido	99.7	97.0	96.3	97.7
2450		99.0	96.6	94.3	96.6
4080		98.7	96.5	93.4	96.2
Promedio		99.1	96.7	94.7	96.8
816	Fondo	79.6	91.5	94.2	88.4
2450		77.0	88.7	90.9	85.9
4080		68.7	84.6	86.6	80.0
Promedio		75.4	88.3	90.6	84.8

Análisis costo-beneficio

En la tabla 8 se presenta el resumen de los costos de producción, depreciaron y beneficio obtenidos para ambos sistemas de cultivo tomando como área de producción una hectárea de superficie de mar. En ella se puede notar que la materia prima factible de sembrar en una hectárea en el sistema de fondo es aproximadamente 17 veces mayor que en el suspendido. Asimismo se puede observar que existe una relación directa entre los costos de producción (materia prima, combustibles y aceite y mano de obra) y las densidades en ambos sistemas. La materia prima representa entre el 93 y 97% de los costos totales en el cultivo de fondo y entre el 61.5 y 85.7% en el cultivo suspendido. Por otro lado el costo de mano de obra directa es mayor en el cultivo suspendido (22.9, 12 y 9%) que en el cultivo de fondo (4.9, 3 y 2.4%), y en ambos casos disminuye a medida que aumenta la densidad.

La depreciación en sistemas y embarcaciones es menor en el cultivo de fondo que en el suspendido (1500.0 y 2293.4 soles, respectivamente), aun cuando en una hectárea se siembra mucho menos en suspendido que en fondo (Tabla 8). La depreciación total en el cultivo suspendido representan entre el 3 y

11% de los costos totales, mientras que en el cultivo de fondo la depreciación representa un mínimo porcentaje entre el 0.2 y 0.7% de los costos totales. Los costos unitarios (soles/kg) son menores en el cultivo suspendido que en el fondo en todas las densidades estudiadas, sin embargo, si analizamos el costo en soles/manejo vemos que los valores son similares. No obstante, si analizamos el costo unitario, libre de materia prima, vemos que el

cultivo de fondo presenta menores valores que el cultivo suspendido en todas las densidades por ser mayor la proporción de ejemplares a sembrar por m².

Los beneficios post venta y la rentabilidad son ampliamente mayores en el cultivo de fondo que para en el cultivo suspendido. La ganancia máxima se presenta para la densidad de 4080 ind/m² en el cultivo suspendido, y para la densidad de 816 ind/m² en el cultivo de fondo.

Discusión

Los valores de temperatura registrados durante el estudio se encuentran dentro del rango de tolerancia para el desarrollo de *Argopecten purpuratus* reportado por Mina *et al.* (2002) en 12 a 27 °C. De igual manera los valores de oxígeno disuelto superan al valor mínimo de tolerancia de 1.4 mg/L mencionado por Yamashiro *et al.* (1990).

Los resultados muestran que el crecimiento y supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* está influenciado fuertemente por la densidad de cultivo. Estos resultados coinciden con aquellos realizados en esta especie y en otras especies de pectinidos de otras regiones tanto sistema suspendido como en sistema de fondo (Cáceres-Martínez *et al.*, 1986; Ysla *et al.*, 1987; Parsons & Dadswell, 1992; Cote *et al.*, 1993; Freitas *et al.*, 1995, Vélez *et al.*, 1995; Cisneros & Arguelles, 1996; Acosta *et al.*, 2000; Freitas *et al.*, 2001; Lodeiros *et al.*, 2002; Mendo *et al.*, 2002; Cano, 2004; Koch *et al.*, 2005). Al respecto MacDonald & Ward, (1994) sostienen que densidades muy altas pueden reducir el eutrofismo en el agua a través del alimento y por consiguiente una competencia intra e ínter específica. Esto a su vez puede reflejarse en el aletargamiento del crecimiento y aumento en el tiempo de cultivo.

Tabla 8. Resumen del análisis costo-beneficio realizado para el pre-engorde de juveniles de *Argopecten purpuratus* cultivados a diferentes densidades en sistemas de fondo y suspendido en una hectárea de área de mar en la zona de Casma-Ancash.

Concepto	Cultivo de Suspendido						Cultivo de fondo					
	816 ind/m ²		2450 ind/m ²		4080 ind/m ²		816 ind/m ²		2450 ind/m ²		4080 ind/m ²	
	Costo S/.	%	Costo S/.	%	Costo S/.	%	Costo S/.	%	Costo S/.	%	Costo S/.	%
Materia prima (MP)	12498	61.5	37500	80.5	62502	85.7	204000	93.4	612501	96.1	1020000	97.0
Combustible y Aceite	897	4.4	1209	2.6	1534	2.1	2104	1.0	3905	0.6	4902	0.5
Mano de obra directa	4647	22.9	5589	12.0	6579	9.0	10721	4.9	19414	3.0	24941	2.4
Sub-total	18042	88.7	44298	95.1	70615	96.9	216825	99.3	635820	99.8	1049843	99.8
Costo unitario con MP Sol/Kg	10.57		13.34		18.32		28.54		37.55		60.17	
Costo un. con MP Sol/manejo	4.6		3.94		3.81		4.65		4.95		6.13	
Costo unitario sin MP Sol/Kg	3.25		2.05		2.10		1.69		1.38		1.71	
Depreciación sistemas	1393.4	6.9	1393.4	3.0	1393.4	1.9	600	0.3	600	0.1	600	0.1
Depreciación de embar.	900	4.4	900	1.9	900	1.2	900	0.4	900	0.1	900	0.1
Depreciación total	2293.4	11.3	2293.4	4.9	2293.4	3.1	1500	0.7	1500	0.2	1500	0.2
Costo Total	20335.4	100	46591.4	100	72908.4	100	218325	100	637320	100	1051343	100
Beneficio post venta	18894.6		65948.6		112421.6		247635		645130		659147	

Por otro lado la temperatura y la disponibilidad de alimento son consideradas como variables limitantes en el crecimiento de bivalvos (Lodeiros *et al.*, 2001; Broom & Mason, 1978; Leighton, 1979; MacDonald & Thompson, 1985a y b; Lodeiros & Himmelman, 1994). El mayor crecimiento registrado en sistema suspendido que en sistema de fondo no puede ser atribuido a la temperatura y oxígeno ya que no presentan diferencias significativas y mas bien a otras variables como la cantidad y calidad del alimento ofertado en ambos sistemas. Al respecto Leighton (1979) y MacDonald & Thompson (1985a y b) sostienen que en cultivos suspendidos los individuos tienen un mayor acceso al alimento, en términos de seston, disponible en la columna de agua. Al parecer no solo el acceso al alimento es determinante para la productividad de la concha de abanico, sino también la competencia por el alimento disponible (Chandler, 1983, Acosta *et al.*, 2000). Los resultados de este estudio muestran que al final del experimento las tasas de crecimiento en peso en cultivo de fondo superaron a las de suspendido. Esto ocurre debido a que en esa etapa la altura de los juveniles en sistema suspendido ya había superado los 30mm y la sobrecarga de individuos era evidente, lo que podría haber incrementado la competencia por alimento limitando el crecimiento (Chandler, 1983). Al respecto Velez *et al.* (1995) atribuye un mejor crecimiento en fondo que en suspendido a una mayor cantidad de materia orgánica en el fondo que en la columna de agua.

Algunos autores como Wildish *et al.* (1988), Mallet & Carver (1991) y Duggan (1973) consideran a los organismos incrustantes (fouling) como un factor limitante para el crecimiento en cultivos suspendido debido a que este limita la circulación de agua y por lo tanto de alimento al interior de las estructuras de cultivo. Durante el estudio al parecer el fouling no fue

una limitante ya que en las estructuras de cultivo en suspendido solo fueron colonizadas en bajo grado por *Semimmytilus algosus*, *Cancer setosus*, *Pilumnoides perlatus*, *Cyonna intestinalis* y algunos ophiuroideos y en los cultivos de fondo por *Cancer setosus*, *Hepatus chilensis*, *Euripanopeus cretanus*, *Pilumnoides perlatus*, *Cancer pagurus*, *Thais chocolata*, *Bursa ventricosa*, *Nassarius sp.* y algunos ofiuros y poliquetos.

La colonización de predadores en cultivo de fondo fue mayor que en cultivo suspendido y esto se refleja en la menor supervivencia de juveniles en sistema de fondo y en ambos casos esta relacionada inversamente con la densidad. Estos resultados coinciden con el trabajo de Rhodes & Widman (1984) quienes señalan que para *Argopecten irradians*, cultivada en linternas suspendidas a densidades que varían entre 100 y 2500 ind/m², la mortalidad se relaciona directamente con la densidad de cultivo. De igual manera, Hernández & Singh (1988), indican que la densidad es causa de mortalidad sólo dentro de un estrecho rango de altas densidades.

Aun así podemos afirmar que la supervivencia en el cultivo suspendido fue alta para las 3 densidades, y es muy similar a la obtenida por Mendo *et al.* (2001) en Bahía Independencia y mayores a los reportados para la misma especie en otros lugares y otras especies (Ysla *et al.*, 1987; Parsons & Dadswell, 1992; Coté *et al.*, 1993; Rhodes & Widman, 1984; Freitas *et al.*, 1995; Acosta *et al.*, 2000). La alta mortalidad de ejemplares juveniles de otros pectinidos observada en cultivo de fondo ha sido atribuida a la acción de predadores como cangrejos y estrellas (Ciocco & Orensanz, 2001), sin embargo la condición o estado fisiológico de los individuos al momento de la siembra ha sido indicado como un factor que incrementa la vulnerabilidad frente a la acción de los predadores.

Esta podría ser la razón por la cual en el cultivo de fondo la supervivencia más baja se presenta en el primer mes, ya que los individuos antes de la siembra fueron captados en colectores a una profundidad de 3 a 5 metros y al ser llevados a una profundidad de 11 metros con condiciones físico-químicas diferentes, podría haber causado un estrés fisiológico y un incremento de su vulnerabilidad frente a los predadores.

En cuanto al peso de las valvas, existe un 10% de diferencia entre el cultivo suspendido y fondo. Este 10% es significativo desde el punto de vista productivo ya que las valvas se quiebran al ser manipuladas en el cultivo suspendido más no las del fondo. Esta diferencia brinda una ventaja a los individuos pre-cultivados en sistemas de fondo ya que estos serían más resistentes frente a un predador, así como al manipuleo. Se ha observado de manera directa en los cultivos suspendidos pérdidas por rompimiento de las valvas hasta en un 15% del total cosechado. Hasta el momento no se han realizado estudios específicos sobre el porqué de la diferencia de peso de la valva entre ambos cultivos, pero se manejan varias hipótesis al respecto: 1) la fuente de carbonato de calcio en el fondo está en mayor proporción que en la columna de agua; 2) la distribución energética de los individuos es diferente en fondo que en suspendido (Díaz & Martínez, 1992) y 3) el pH del agua varía con la profundidad (com. pers. Wolf Arnts).

Aun cuando el crecimiento de juveniles es mayor en suspendido que en fondo, el área potencial de cultivo y los beneficios del cultivo en fondo son mayores que en suspendido. Ello se debe principalmente a que en cultivo suspendido solo se pueden instalar entre 3-5 longlines en una hectárea y por lo tanto el uso de superficie de mar es más eficiente en fondo que en suspendido (17 veces más). Ello significa mayores costos de producción en el cultivo de fondo pero el beneficio económico es mayor que en el cultivo suspendido. En otras latitudes, varios autores han demostrado también que existe una mayor rentabilidad en cultivos de fondo que en suspendido (Ventilla, 1982; Wildish *et al.*, 1988; Bull, 1991; Ito, 1999) debido a la menor inversión en infraestructura y mantenimiento de la misma. En contraste a esto, Hatcher *et al.* (1996) y Haugum *et al.* (1999) en una siembra de juveniles de *Placopecten magellanicus* en Canadá y de *Pecten maximus* sobre fondo natural en Venezuela, en pocas semanas experimentaron una gran mortalidad debido básicamente a la acción de estrellas y cangrejos predadores. Por ello, es importante tener en cuenta que el éxito del cultivo de fondo depende de las condiciones particulares de cada área de cultivo incluyendo la composición y el perfil del fondo, la profundidad y las corrientes.

Aun cuando la tecnología para cultivar pectínidos, se basa mayormente en el uso de sistemas suspendidos, los sistemas de fondo se presentan como una alternativa para el cultivo de juveniles. Los bajos montos de inversión que requiere el cultivo de preadultos en sistemas de fondo es muy interesante en especial para el desarrollo del sector pesquero artesanal, que en la actualidad cuenta con concesiones especiales o áreas de repoblamiento para el desarrollo de actividades de cultivo.

Conclusiones

- El crecimiento en talla y peso y la supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* fue mayor en sistema suspendido que en fondo en todas las densidades.
- Existe una diferencia significativa y una relación inversa entre el crecimiento en talla y peso de juveniles y la densidad en ambos sistemas de cultivo
- La densidad óptima de cultivo en términos biológicos y económicos es de 4080 ind/m² para el cultivo suspendido y 816 ind/m² para el cultivo de fondo.
- El cultivo de juveniles de concha de abanico en sistema de fondo es más rentable que en suspendido en términos de unidad de área para las tres densidades planteadas en este estudio.

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento al Ing. Gerardo Guerrero gerente de Acuícola Sechin y a todo su personal por su apoyo en el desarrollo del presente estudio. Así mismo al Ing. William Rivera y al Ing. Luis Ysla por sus acertados comentarios y sugerencias durante el trabajo de campo. Esta es una contribución CENSOR.

Literatura citada

- Acosta V., Freitas L. & Lodeiros C. 2000. Densidad, crecimiento supervivencia de juveniles de *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (Pteroida: Pectinidae) en cultivo suspendido en el golfo de Cariaco, Venezuela. Rev. Biol. Trop. 48 (4): 799-806.
- Broom M.J. & Mason J. 1978. Growth and spawning in the pectinid *Chlamys opercularis* in relation to temperature and phytoplankton concentration. Mar. Biol. 47: 227-285.
- Bull M.F. 1991. New Zealand. Pp. 853-860. In: S.E. Shumway (Ed.). Scallops: Biology, Ecology and aquaculture. Developments in aquaculture and fisheries science 21. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Cáceres - Martínez C., Ramírez - Filippini D. & Chávez - Villalba J. 1986. Cultivo en parques de almeja catarina (*Argopecten circularis*). Rev. Latinoamér. Acuicul. 34: 26-32
- Cano L. 2004. Análisis biológico y económico del engorde de concha de abanico *Argopecten purpuratus* en cultivo suspendido a diferentes densidades en la zona de Casma.

- Tesis de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Chandler K. 1983. Bay scallop: A mariculture species whose time has come. *Aquaculture Magazine*. 9 (6): 16-20.
- Cisneros B. & Arguelles J. 1996. Cultivo experimental de la concha de abanico *Argopecten purpuratus* a diferentes densidades y profundidades en sistema suspendido. Informe Progresivo IMARPE – Callao, (22).
- Ciocco F. & Orensanz J.M. 2001. Depredación. En: Maeda-Martínez (Ed.). Los Moluscos Pectínidos de Ibero América: Ciencia y Acuicultura. Cap. 14: 267-284.
- Coté J., Himmelman J.H., Claereboudt M., & Bonardelli J.C. 1993. Influence of density and depth on the growth of juvenile sea scallops (*Placopecten magellanicus*) in suspended culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50: 1857 - 1869.
- Díaz M.A. & Martínez G. 1992. Efecto de diferentes dietas sobre el balance energético en juveniles de *Argopecten purpuratus* L. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*. 27(2): 163-173.
- Duggan W.P. 1973. Growth and survival of the bay scallop, *Argopecten irradians*, at various locations in the water columns and at various densities. *Proceeding of the National Shellfisheries Association*. 63: 68-79.
- Flores F., Mina L., Fiestas H. & Acasiete A. 2005. Estudio de recursos biológicos y áreas productivas de la Bahía de Sechura. Informe Final. Manos Unidad-Generalitat Cataluña-ESCAES.
- Freites L., Vera B., Lodeiros C. & Vélez A. 1995. Efecto de la densidad sobre el crecimiento y la producción secundaria de juveniles de *Euvola (Pecten) ziczac*, bajo condiciones de cultivo suspendido. *Ciencias Marinas*. 21 (4): 361-372.
- Freites L., Himmelman J.H., Babarro J.M., Lodeiros C.J. & Velez A. 2001. Bottom culture of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (L.) in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture Internacional*. 9: 45-60.
- Hernández A. & Singh C. 1988. Rendimientos de producción de almeja catarina *Argopecten circularis* a diferentes densidades de cultivo. *Revista Latinoamericana de Acuicultura*, Lima – Perú. (36): 49-88
- Hatcher B.G., Scheibling R.E., Barbeau M.A., Hennigar A.W., Taylor L.H. & Windust A.J. 1996. Dispersion and mortality of a population of sea scallop (*Placopecten magellanicus*) seeded in a tidal channel. *Can J Fish Aquat Sci.* 53: 38–54.
- Haugum G.A., Strand O. & Minchin D. 1999. Are cultivated scallops wimps? In: *Proc 12th Int Pectinid Workshop*. Institute of Marine Research Bergen, Norway, 5–11 May 1999. : 92–93.
- Ito H. 1991. Fisheries and aquaculture: Japan. pp. 1017-1056. En: S.E. Shumway (Ed.). *Scallops: Biology, ecology and aquaculture*. Elsevier Publi. Co., Amsterdam, The Netherlands.
- Koch V., Suastegui J., Sinsel F., Robles M. & Duna. D. 2005. Lions paw scallop (*Nodipecten subnodosus*, Sowerby 1835) aquaculture in Bahía Magdalena, Mexico: effects of population density and season on juvenile growth and mortality. *Aquaculture research*. 36: 505-512.
- Leighton D.L. 1979. A growth profile for the rock scallop *Hinnites multirugosus* held at several depths off La Jolla, California. *Mar. Biol.* 51: 229-232.
- Lodeiros C.J. & Himmelman J.H. 1994. Relations among environmental conditions and growth in the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*. 119: 345-358.
- Lodeiros C., Maeda Martínez A., Freites L., Uribe E., Lluch-Cota D. & Sicard M. 2001. Ecofisiología de Pectínidos Iberoamericanos. En: Maeda-Martínez (Ed.) *Los Moluscos Pectínidos de Ibero América: Ciencia y Acuicultura*. Cap. 4: 77-88.
- Lodeiros C., Pico D., Prieto A., Narváez N. & Guerra A. 2002. Growth and Survival of the pearl oyster *Pinctada imbricada* (Rodino 1758) in suspended and bottom culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture Internacional*. 10: 327-338.
- MacDonald B.A. & Thompson R.J. 1985a. Influence of temperature and food availability on the ecological energetic of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. I. Growth rates of shell and somatic tissue. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25: 279-294.
- MacDonald B.A. & Thompson R.J. 1985b. Influence of temperature and food availability on the ecological energetic of the giant scallop *Placopecten magellanicus*. II. Reproductive output and total production. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 25: 295-303.
- MacDonald B. & Ward . 1994. Variation in food quality and particle selectivity in the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Mollusca: Bivalvia). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 108: 251-264.
- Maeda-Martínez A., Lombeida P., Freites L., Lodeiros C. & Sicard M. 2001. Cultivo de pectínidos en fondo y en estanques. pp. 213-231. En Maeda-Martínez (Ed.) 2001. *Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. Editorial Limusa. México.
- Mallet A.L. & Carver C.E. 1991. An assessment of strategies for growing mussels in suspended culture. *J. Shellfish Research*. 2: 471-477.
- Mendo J. & Jurado E. 1993. Length-based growth parameter estimates of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*). *Fisheries Research*. 15: 357-367.
- Mendo J., Valdivieso V. & Yamashiro C. 1988. Cambios en densidad, número y biomasa de la población de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia (Pisco-Perú) Durante 1984-87. En: H. Salzwedel & A. Landa (Eds). *Bol. Vol. Ext. Inst. Mar del Perú.*, Callao – Perú.
- Mendo J., Gil Kodaka P. & Orrego H. 2001. Proyecto piloto para el manejo y explotación de la concha de abanico *A. purpuratus* en la Bahía de Tortugas, Casma-Perú. Facultad de Pesquería – Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- Mendo J., Cosvalente C., Tam J. & Bandin R. 2002. Growth and survival of the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) in suspended cultures in Independencia Bay (Pisco, Perú). Pp. 171-183. En: J. Mendo & M. Wolf (Eds). *Bases ecológicas y socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la reserva nacional de Paracas*. Lima-Perú.
- Mina L., Bandin R. & Zavala J. 2002. Monitoreo de algunas variables ambientales y abundancia larval de *Argopecten purpuratus* en la Reserva Nacional de Paracas entre

- Enero del 2000 y Febrero del 2001. pp. 40 – 44. En: J. Mendo & M. Wolf (Eds). Bases ecológicas y socioeconómicas para el manejo de los recursos vivos de la reserva nacional de Paracas. Lima-Perú.
- PRODUCE. 2007a. Cosecha de la actividad de la acuicultura marina según especie. 1997-2006 (En línea). Lima. Consultado el 15 de Febrero del 2007. Disponible en <ftp://ftp.produce.gob.pe/produce/dna/cosemari.pdf>
- PRODUCE. 2007b. Áreas habilitadas por DICAPI para desarrollar actividades de acuicultura (En línea). Lima. Consultado el 24 de Abril del 2007. Disponible en <ftp://ftp.produce.gob.pe/produce/dna/area.maricultura.pdf>
- Parsons G.J. & Dadswell M.J. 1992. Effect of stocking density on growth, production and survival of the giant scallop, *Placopecten magellanicus*, held in intermediate suspension culture in Passamaquoddy Bay, New Brunswick. *Aquaculture*. 103: 291-309.
- Rhodes E.W. & Widman J.C., 1984. Density dependent growth of the bay scallop, *Argopecten irradians irradians*, in suspension culture. *Int. Coun. Explor. Sea*, C.M. 1984/K: 18, 8 p.
- Robles A., Méndez M. & Sánchez G. 1988. Crecimiento de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en cultivos marinos de Bahía Paracas, Perú. pp. 187-189. En: Salzwedel H. & Landa A. (Eds.). Recursos y dinámica del ecosistema de afloramiento peruano. *Bol. Inst. Mar Peru-Callao*, Vol. extr.: 382 p.
- Vélez A. Freitas L., Himmelman J.H., Senior W. & Marin N. 1995. Growth of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L.), in bottom and suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*. 136.
- Ventilla R.F. 1982. The Scallop Industry in Japan. *Adv. Mar. Biol.* 20: 310-382.
- Wildish D.J., Wilson A.J., Young-Lai W., De-Coste A.M., D.E. Aiken & Martin J.D. 1988. Biological and economical feasibility of four grow-out methods for the culture of giant scallops in the Bay of Fundy. (En línea). Consultado el 14 de Diciembre de 2007. Disponible en <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/109020.pdf>.
- Wolff M. & Wolf R. 1983. Observations on the utilization and growth of the pectinid *Argopecten purpuratus* in the fishing area of Pisco, Perú. *Bol. Inst. Mar Perú*. 7(6): 197-235.
- Yamashiro C., Rubio J., Jurado E., Auza E., Maldonado M., Ayon P. & Antonietti E. 1990. Evaluación de la población de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, Pisco, Perú. *Informe Ins. Mar Perú-Callao*. (98): 58
- Ysla L., Ventura V. & Nava H. 1987. Determinación de la densidad y profundidad de crianza en cultivos suspendidos para la concha de abanico *Argopecten purpuratus*, pp. 701 – 718. En: G. Llerena (Ed). *Anales Científicos UNALM XXVI* (3-4), Lima –Perú.
- Zar J. 1984. *Biostatistical analysis*. Prentice Hall Inc. 2nd. Edition.

¹Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina, Apartado postal 12-056, Lima 12. Perú. E-mail: jalcazarzamora@gmail.com