

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD OPERACIONAL EN EL CULTIVO DE ABALÓN, *Haliotis Discus Hannai*

OPERATIONAL PROFITABILITY ANALYSIS
IN THE ABALONE CULTURE, *Haliotis Discus Hannai*

KARLA SORIA B.
SERGIO ZÚÑIGA J.

Universidad Católica del Norte
Escuela de Ingeniería Comercial
Larrondo 1281, Casilla 117
Coquimbo, Chile

RESUMEN

Este trabajo presenta una aproximación metodológica para la evaluación del potencial económico operacional del cultivo de abalones (*Haliotis discus hannai*) en el norte de Chile, a través de funciones de ingresos y egresos en tiempo continuo.

En particular se analiza la capacidad que tienen los ingresos por venta de abalones para financiar solamente sus costos operacionales directos más relevantes, estudiando la producción de una cohorte única desde semillas hasta talla comercial bajo el sistema de estanques en tierra (circuito cerrado).

El modelo muestra que, operacionalmente, el Valor Actual Neto (VAN) resulta ser máximo al tercer año, sugiriendo que éste sea el momento óptimo de cosecha. El costo unitario de producción para los juveniles de 240 días es de \$130,1 c/u, pero el mínimo costo es de 5,9 \$/gramo al tercer año. A medida que se extiende el período de cosecha, los costos de energía adquieren una mayor magnitud que los costos de alimentación, pero son los costos fijos el ítem de mayor relevancia, seguido por el costo financiero.

Los resultados finales sugieren que, con la tecnología de cultivo y las tasas y constantes biológicas, económicas y técnicas asumidas, el proyecto es rentable sólo operacionalmente (a corto plazo).

ABSTRACT

This work presents a methodological approach for the evaluation of the operational economic potential of the abalone culture (*Haliotis discus hannai*) in the north of Chile, through functions of revenues and costs in continuous time.

In particular is analyzed the capacity of the abalone sales to finance only its more direct operational costs, and studying the production of an unique cohort from seeds until commercial size under the system of ponds in ground (closed circuit).

The model shows that, operationally, the Net Present Value turns out to be maximum to the third year, suggesting that this is the best moment of crop. The unitary cost of production for juvenile of 240 days is \$130.1 c/u but the minimum cost is 5.9 \$/gram in the third year. As the period of crop is extended, the energy costs are higher than the feeding costs, but fixed costs are the most relevant, followed by the financial cost.

The final results suggest that, with these culture technology, biological constants and economic techniques, the project is profitable only operationally (in the short term).

Palabras claves: Valor Actual Neto, Cultivo de Abalón, Análisis de Inversiones.

Key words: Net Present Value, Abalone Culture, Investment Analysis.

Recibido para publicación: 13 de octubre de 1997. Aceptado el 22 de junio de 1998.

INTRODUCCIÓN

Una de las más interesantes y concretas aplicaciones de la teoría financiera están referidas a la evaluación de propuestas de inversión productiva de largo plazo. Un caso clásico de este concepto se encuentra en el trabajo de Reinhardt (1973) para estimar el punto de equilibrio de un proyecto de la empresa estadounidense Lockheed, haciendo uso del modelo en tiempo continuo. Otras referencias de este tipo de modelos se encuentran, por ejemplo, en Clark (1990), Henderson y Quandt (1985) y Neher (1990).¹

Una expresión general del Valor Actual Neto (VAN) determinístico en tiempo continuo es:

(1)

$$VAN = -I_0 + \int_{t=0}^{t=T} Y(t)e^{-it} dt - \int_{t=0}^{t=T} C(t)e^{-it} dt$$

donde I_0 representa la inversión inicial, t el tiempo (días), $Y(t)$ y $C(t)$ son respectivamente las funciones de ingresos y egresos esperados en función del tiempo; e^{-it} es el factor de actualización continua, i es la tasa instantánea anual de costo del capital anual, $t=0$ es el momento de la evaluación (momento inicial), y $t=T$ es el momento final u horizonte de evaluación.

En la implementación práctica del modelo una de las principales dificultades está referida a la estimación de las funciones de ingresos y costos a través del tiempo; sin embargo, en el área de los recursos renovables tales como los biológico-marinos (y forestales), estos problemas se superan con mayor facilidad al ser dichos flujos monetarios alguna función continua y estimable de la biomasa, la que a su vez depende del crecimiento en longitud de los individuos.

Así, dos son las principales ventajas de aplicar el modelo en la evaluación económica de recursos marinos:

- mayor precisión al momento de estimar costos e ingresos, y en la posibilidad de sensibilizar el modelo con sencillez, incorporando cambios en las variables críticas.
- un modelo construido para una especie marina en particular puede ser aplicado en la evaluación de especies marinas similares, si se introducen en él los valores apropiados de los parámetros.

En este estudio se evalúa el caso especial de la producción en estanques en tierra² de abalones de la especie *haliotis discus hannai*, también llamado abalón japonés. Para esto se hacen dos importantes simplificaciones a tener presentes, las que permiten mantener en mayor medida las ventajas de precisión y flexibilidad del modelo:

- se evalúa la producción de una sola cohorte de abalones, es decir, se hace el seguimiento de una grupo de ejemplares de una misma edad desde su fertilización hasta su venta final como adultos.
- se considera sólo los costos operacionales directamente asociables a esa única cohorte, y se omiten ítemes de difícil asignación, tales como inversiones³ y gastos de administración y ventas.

El sistema de producción de este caso es uno en el que se incurre en un flujo o caudal de costos operacionales a través del tiempo, pero en el que se vende todo el output (biomasa) en el momento T . El valor actual neto es entonces⁴:

(2)

$$VAN = Y(T)e^{-iT} - \int_{t=0}^{t=T} C(t)e^{-it} dt$$

donde $Y(t)$ es la función de ingresos esperados de vender la biomasa al momento final T al precio de venta estimado, y $C(t)$ es la función de costos

1 Otras referencias relacionadas son Newman, D. H. 1983, Johanson, P. y K. G. Lofgren . 1985, Bjorndal, Trond. 1990.

2 Este sistema de producción es también llamado en Circuito Cerrado. No se considera la alternativa de producción en el mar (marine ranching), puesto que hasta el momento no existe factibilidad legal en la zona.

operacionales instantáneos (es decir el flujo o la tasa de costos) de alimentación, energía y otros necesarios para que la biomasa pueda ser comercializada en T . El criterio de decisión es que si el proyecto no alcanza un VAN operacional positivo deberá rechazarse.

En las siguientes secciones se definen las variables biológicas que se utilizarán en el resto del trabajo, luego se definen y estiman las funciones de costos e ingresos. El trabajo finaliza con la presentación de los resultados.

METODOLOGÍA

a.- Variables biológicas

Para estimar la forma de la función de la biomasa requerimos hacer supuestos explícitos tanto del crecimiento promedio (en longitud) de los abalones a través del tiempo, así como de las tasas de mortalidad asociadas.

— Talla en longitud (mm)

El crecimiento en longitud de los abalones es generalmente representado a través de la conocida curva de Von Bertalanffy (ecuación ³). Varias son las fuentes disponibles para estimaciones empíricas de los parámetros de esta curva. A nivel internacional Shepherd y otros (1992, pp. 141-168), comparan diferentes mediciones de crecimiento del abalón usando este modelo. A nivel local, los informes de Illanes (1988) y de Trucco (1989) proporcionan las curvas de crecimiento para el abalón (*H. Discus*) en el norte de Chile. Para este trabajo se ha estimado la ecuación usando una sola expresión para toda la vida de los abalones:

(3)

$$L_t = L_{\infty}(1 - e^{-g \cdot t})$$

donde el tiempo (t) está dado en días y la longitud (L y L_{∞}) en milímetros. La longitud asintótica esperada (L_{∞}) es de 136,5 mm, y la tasa de crecimiento medio es de 22,5% anual ($g = 0,225/360 = 0,0625\%$ diario).

— Mortalidad (Sobrevivencia)

A diferencia de la longitud, la mortalidad de los abalones resulta ser difícilmente caracterizable con una única tasa para todo el período de evaluación, pasando de ser muy alta en los primeros días, a una tasa moderada en la etapa adulta. Además, resulta difícil hablar de una mortalidad típica, puesto que ésta es una función altamente sensible a la dieta y a la densidad de cultivo, entre otras tantas variables. Debido a esto y a las dificultades prácticas de conteo en las etapas juveniles, son escasas las referencias bibliográficas explícitas de ésta para un ciclo completo ovocito-adulto. Sin embargo, el trabajo de Ogawa y otros (1992) fue aquí la principal fuente de estimación, a pesar de que otras referencias de mortalidad pueden encontrarse en Rudd y Kermodé (1992) y en Adriasola y otros (1992).

La mortalidad (es decir, la sobrevivencia) es caracterizada generalmente por la expresión:

(4)

$$N_t = N_0 e^{-z \cdot t}$$

donde z es la tasa de mortalidad instantánea diaria, N_0 es el número de sobrevivientes al día $t=0$ (el número inicial de individuos), y N_t es el número de sobrevivientes en un momento $t>0$.

Para mejorar el ajuste se dividió las sobrevivencias en dos períodos, el primero de ellos comprende desde el momento cero hasta los 240 días ("cultivo en paquete"), y el segundo período a partir de los 240 días, cuando se cambia al método de "cultivo en contenedor/estan-

3 Por ejemplo inversiones fijas, compra de reproductores, reinversiones, depreciaciones, necesidades de capital de trabajo y recuperación de capital de trabajo, mantenciones, reparaciones y valores residuales.

4 Una discusión detallada de este modelo, de donde es posible obtener las condiciones para la maximización del beneficio para diferentes escenarios, puede encontrarse, por ejemplo, en Henderson y Quandt (1985).

que". En la primera etapa se estimó la tasa de mortalidad diaria en $z=0,01735\%$, de tal modo que comenzando en $t=0$ con $N_0=38.650.000$ ovocitos se tienen $N_t=600.000$ sobrevivientes a los 240 días. Para la siguiente se estimó $z=0,00089\%$, lo que generaría 539.000 juveniles a los 360 días de edad, o 391.000 a los dos años, o 284.000 a los tres años, etc. De este modo tenemos la siguiente expresión para (4):

$$N_t = \begin{cases} 38.650.000 e^{-0.01735t} & \text{para } t < 240 \\ 600.000 \cdot e^{-0.00089(t-240)} & \text{para } t \geq 240 \end{cases}$$

— Peso y biomasa

Conocida la longitud y el número de individuos en un momento del tiempo, estimamos tanto el peso individual como colectivo. Si la regla del cubo es asumida, entonces la relación entre la longitud (L en mm) y el peso individual (W en grs.) es⁵:

(6)

$$W = 0.00014 L^3$$

Por otro lado, si N_t es el número de individuos a la edad t y W_t el peso individual de los mismos, entonces la biomasa es $B_t = N_t \cdot W_t$, es decir:

(7)

$$B_t = [N_0 e^{-z \cdot t}] \cdot 0.00014 \cdot [L_\infty (1 - e^{-g \cdot t})]^3$$

Se reemplaza en (8) los valores de las constantes definidas previamente para obtener la siguiente expresión final de la biomasa:

(8)

$$B_t = \begin{cases} [38.650.000 e^{-0.01735t}] \cdot 0.00014 \cdot [136.5(1 - e^{-0.225/360 \cdot t})]^3 & \text{para } t < 240 \\ [600.000 e^{-0.00089(t-240)}] \cdot 0.00014 \cdot [136.5(1 - e^{-0.225/360 \cdot t})]^3 & \text{para } t \geq 240 \end{cases}$$

En la Fig. 1 se muestra el comportamiento para $t > 240$. Algunos valores son por ejemplo 1.570 kgs. para $t=1$ año, 6.631 kgs. para $t=2$ años, 11.963 kgs. para 3 años y 15.345 kgs. para 4 años.

La forma resultante de la biomasa a través del tiempo es la típica: primero creciente a tasas crecientes, creciente a tasas decrecientes hasta llegar a su máximo, y luego decreciente. Esta forma refleja el hecho de que en un principio la ganancia en peso individual es mayor que la mortalidad, situación que posteriormente se revierte.

5 La relación de transformación de cms. a grs. es $0,14L^3 = W$.

que". En la primera etapa se estimó la tasa de mortalidad diaria en $z=0,01735\%$, de tal modo que comenzando en $t=0$ con $N_0=38.650.000$ ovocitos se tienen $N_t=600.000$ sobrevivientes a los 240 días. Para la siguiente se estimó $z=0,00089\%$, lo que generaría 539.000 juveniles a los 360 días de edad, o 391.000 a los dos años, o 284.000 a los tres años, etc. De este modo tenemos la siguiente expresión para (4):

$$N_t = \begin{cases} 38.650.000 e^{-0.01735t} & \text{para } t < 240 \\ 600.000 \cdot e^{-0.00089(t-240)} & \text{para } t \geq 240 \end{cases}$$

— Peso y biomasa

Conocida la longitud y el número de individuos en un momento del tiempo, estimamos tanto el peso individual como colectivo. Si la regla del cubo es asumida, entonces la relación entre la longitud (L en mm) y el peso individual (W en grs.) es⁵:

(6)

$$W = 0.00014 L^3$$

Por otro lado, si N_t es el número de individuos a la edad t y W_t el peso individual de los mismos, entonces la biomasa es $B_t = N_t \cdot W_t$, es decir:

(7)

$$B_t = [N_0 e^{-zt}] \cdot 0.00014 \cdot [L_\infty (1 - e^{-g \cdot t})]^3$$

Se reemplaza en (8) los valores de las constantes definidas previamente para obtener la siguiente expresión final de la biomasa:

(8)

$$B_t = \begin{cases} [38.650.000 e^{-0.01735t}] \cdot 0.00014 \cdot [136.5(1 - e^{-0.225/360 \cdot t})]^3 & \text{para } t < 240 \\ [600.000 e^{-0.00089(t-240)}] \cdot 0.00014 \cdot [136.5(1 - e^{-0.225/360 \cdot t})]^3 & \text{para } t \geq 240 \end{cases}$$

En la Fig. 1 se muestra el comportamiento para $t > 240$. Algunos valores son por ejemplo 1.570 kgs. para $t=1$ año, 6.631 kgs. para $t=2$ años, 11.963 kgs. para 3 años y 15.345 kgs. para 4 años.

La forma resultante de la biomasa a través del tiempo es la típica: primero creciente a tasas crecientes, creciente a tasas decrecientes hasta llegar a su máximo, y luego decreciente. Esta forma refleja el hecho de que en un principio la ganancia en peso individual es mayor que la mortalidad, situación que posteriormente se revierte.

b.- Variables técnicas y económicas

— Costos de operación variables: alimentación

El consumo de alimento dependerá básicamente del tamaño de los abalones, aunque también influirá la temperatura del agua y la calidad de la dieta. De acuerdo a Uki (1989), el alimento diario (macroalgas) que consumen los abalones, en términos de un porcentaje de su peso, puede ser descrito por la siguiente expresión 6:

(9)

$$F_d = \frac{100(C - 5.5)\beta}{0.0135L}$$

donde F_d es una tasa expresada en % peso/cuerpo, y
 C = la temperatura del agua en grados centígrados, que asumimos en 15°.

β = coeficiente según calidad de la dieta (usamos $\beta = 0,003262$ para el alga E. Bicyclis⁷).

El valor presente del gasto total en alimento será simplemente la integral de la tasa de alimentación aplicada a la biomasa instantánea, multiplicada por el precio del alimento, es decir:

(10)

$$GASTO_{F_d} = \int_{t=0}^{t=T} \frac{100\beta(C - 5.5)}{0.0135L} \cdot \left[\frac{1}{100}\right] \cdot B_t \cdot \mu \cdot e^{-it} dt$$

donde μ es una constante que representa el precio del alga, que hemos supuesto en \$ 50/kg, es decir, $\mu = \$ 0,05/\text{gr}$. Por otro lado, para los primeros 100 días de la cohorte ($t < 100$) se estimó que la semilla no requiere de macroalgas, sino de microorganismos proporcionados por inoculación del agua y nutrientes sin costo en esta etapa y, por lo tanto, en ese período el gasto en alimentación (macroalgas) es cero.

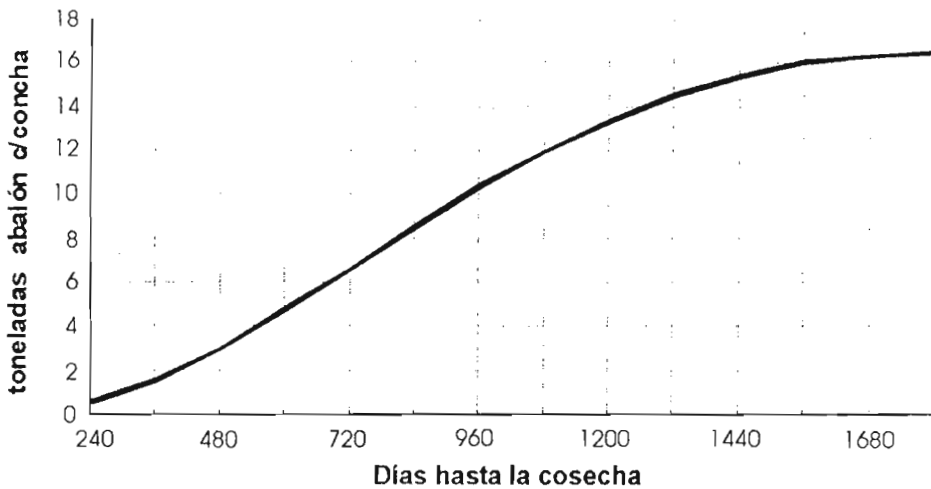


Figura 1: Biomasa de la Cohorte.

Figure 1: Biomass of the Cohort.

6 Hemos verificado que (9) es consistente con estimaciones efectuadas por Adriazola (1992, pág. 49), efectuadas en base a las tablas de tallas y pesos del MIYAGI KEN LABORATORY de Japón.

7 Lamentablemente, no contamos con antecedentes de estudios que hayan estimado el valor de esta constante para otros tipos de algas o concentrados locales.

Con esto, la expresión final para el gasto en alimentación viene dada por la siguiente expresión, usando los valores de los parámetros de crecimiento, mortalidad y sobrevivencia que correspondan para $t < 240$ o para $t > 240$:

$$\text{GASTO } E_d = \begin{cases} 0 & t < 100 \\ \left[\int_{t=100}^{t=T} \frac{F_d}{100} \cdot R_t \cdot \mu \cdot e^{-it} dt \right] e^{-i \cdot 100} & 100 \leq t < 240 \\ \left[\int_{t=100}^{t=240} \frac{F_d}{100} \cdot R_t \cdot \mu \cdot e^{-it} dt \right] e^{-i \cdot 100} + \left[\int_{t=240}^{t=T} \frac{F_d}{100} \cdot R_t \cdot \mu \cdot e^{-it} dt \right] e^{-i \cdot 240} & t \geq 240 \end{cases}$$

Debemos notar que para $t \geq 240$ hemos definido el límite inferior de las integrales en $t=100$ y $t=240$, y para calcular el valor presente de estas integrales hemos multiplicado por el factor de actualización continuo correspondiente.

— Costos de operación variables: energía

Bajo un sistema de cultivo en estanque, el principal ítem que genera consumo de energía es aquella necesaria para circular agua salada con fines de oxigenación. Conocidas las necesidades de oxígeno de la biomasa podemos estimar el caudal de agua a circular (bombear), y con esto, las necesidades de energía eléctrica.

La potencia (P) usada por una bomba para entregar una cierta descarga está dada por ⁸:

(11)

$$P_{KW/h} = \frac{9,81 H Q_{lts/hora}}{3.600.000 E}$$

donde E es la eficiencia de la bomba ($0 < E < 1$) que suponemos en 0,8; H es la altura de bombeo, que suponemos en 15 metros; y Q es el caudal de agua requerido, en litros/hora.

(12)

$$Q_{lts/hora} = \frac{N_t R_t}{S(1-a)}$$

Para Uki (1989) la necesidad instantánea de agua de un número N_t de abalones viene dado por:

donde a es la tasa de saturación de oxígeno en un estanque ($0 < a < 1$) que estimamos en 0,9, y S es el oxígeno saturado disuelto en el agua de mar como función de la temperatura a través de $S = 7.6213 - 0.114C$. Por último, la necesidad de oxígeno R_t depende del peso W_t y de la temperatura C a través de:

(13)

$$R_t = 0.021 W_t^{0.8025} 1.0963^C$$

8 Nótese la Energía (KW/H) = 9.81 Q (m³/ seg) H/E. Además, se supone que se usa la energía las 24 horas.

R_t en ml. de oxígeno por individuo/hora, W_t en gramos, y C en grados Celsius. Con lo anterior, el valor presente del gasto en energía para cada momento del tiempo viene dado por el precio del kilowatt/hora (a estimado en \$ 55) multiplicado por la cantidad de energía usada en 1 día, y actualizado a la tasa de descuento i :

(14)

$$\text{GASTO } P = \begin{cases} \int_{t=0}^{t=T} \alpha \cdot P_t \cdot 24 \cdot e^{-it} dt & \text{para } t < 240 \\ \left[\int_{t=0}^{t=240} \alpha \cdot P_t \cdot 24 \cdot e^{-it} dt \right] + \left[\int_{t=240}^{t=T} \alpha \cdot P_t \cdot 24 \cdot e^{-it} dt \right] e^{-i \cdot 240} & \text{para } t \geq 240 \end{cases}$$

Note que la potencia es subindexada con t , indicando que es función de la biomasa, y que deben usarse los valores de las constantes apropiados para el rango correspondiente de t .

— Otros costos de operación asignables

Se estima que el monto de otros costos de operación imputables a la obtención de la cohorte única son de \$ 1.500.000/mes por concepto de remuneraciones (2 operarios y 1 administrativo), iluminación, consumo eléctrico de otros equipos y otros gastos generales de fábrica. De este modo, el valor presente de estos gastos es:

(15)

$$\text{OTROS} = \int_{t=0}^{t=T} 50.000 \cdot e^{-it} dt$$

— Ingresos

Los ingresos Y_T son generados al momento de la cosecha y venta en $t=T$, y corresponden a la biomasa total de ese momento B_T multiplicada por el precio de venta P . Para estimar el precio esperado hemos obtenido información estadística de las importaciones de abalones por Japón en las categorías vivos, frescos o refrigerados (con concha) (Ver "Anexo 1"). Por simplicidad, y a pesar de que el precio depende de la longitud individual de los abalones (es decir, del número de abalones por kilo), hemos supuesto un precio constante ex-fábrica esperado de US\$ 36/kg, unos \$14.760/kg. Con esto, el valor de los ingresos viene dado por:

(28)

$$\text{VP INGRESOS} = B_T \cdot P_T \cdot e^{-iT}$$

c.- Evaluación económica: resultados

El valor actual del beneficio es el valor presente de los ingresos, menos el valor presente de los egresos viene dado por:

$$VAN = VP \text{ INGRESOS} - GASTO E_d - GASTO P - OTROS$$

Los resultados numéricos⁹ de la evaluación se presentan en la siguiente tabla, donde para calcular el valor presente de costos e ingresos usamos la tasa de descuento del 15% anual continua ($i=0,0004167$ diaria), tasa que intenta describir el costo de oportunidad relacionado con inversiones de un riesgo comparable al que estamos estudiando.

De la tabla anterior, nótese que a medida que se extiende el período de cosecha, los costos de energía pasan a adquirir una mayor magnitud relativa respecto a los costos de alimentación. Además, puesto que la curva de ingresos depende de la curva de biomasa (Fig. 1), los ingresos deben caer en algún momento, al igual que los costos de alimentación y energía, que también son una función de la biomasa. Como los otros costos operacionales (definidos como una constante) no disminuyen, esto fuerza a que exista un momento del tiempo en el cual el VAN sea máximo.

En particular, de la columna del VAN y de los ingresos se desprende que operacionalmente, el

Valor Actual Neto resulta ser máximo al tercer año, sugiriendo que éste sea el momento óptimo de cosecha, y no el cuarto año, cuando los ingresos por venta son máximos (Fig. 2).

El análisis en términos de costos medios nos lleva a la misma conclusión: el costo unitario de producción para los juveniles de 240 días es de \$130,1 c/u (78.032/600.000). En términos de \$/gramo (Fig. 3), para $t>240$ se encuentra el mínimo al cabo del tercer año (5.9 \$/gramo), aunque puede aceptarse como válido el período entre los 900 y 1.260 días. Nótese que para los primeros 4,5 años hasta la cosecha el costo por gramo de alimentación y energía es creciente, mientras que el costo por gramo de los otros costos operacionales (con alto componente fijo) es decreciente.

Por último, en la Fig. 4 se muestra el efecto sobre el Valor Actual Neto de una variación porcentual en las siguientes variables consideradas relevantes:

Tabla I: Resultados de la evaluación (miles de pesos).

Table I: Output of valuation (thousands of Chilean pesos).

Días	Biomasa (Kg)	Ingresos	Alimentación	Energía	Otros	V.A.N.
180		9.994,1	-506,0	-1.061,1	-8.670,8	-243,8
360	1.570,0	19.950,4	-1.225,8	-2.269,0	-16.714,9	-259,3
540	3.844,7	45.312,7	-2.429,6	-4.685,0	-24.157,8	14.020,3
720	6.631,5	72.509,9	-4.106,8	-8.452,6	-31.101,5	28.849,0
900	9.454,4	95.906,7	-6.083,3	-13.264,4	-37.524,8	39.034,2
1.080	11.962,7	112.585,0	-8.192,9	-18.721,4	-43.486,4	42.184,3
1.260	13.952,8	121.821,0	-10.301,5	-24.441,8	-49.012,4	38.065,3
1.440	15.344,8	124.294,0	-12.315,0	-30.117,8	-54.141,4	27.719,8
1.620	16.145,9	121.332,0	-14.173,3	-35.523,9	-58.899,8	12.735,0

El valor de las constantes utilizadas es: Tasa de descuento anual $i=15\%$, precio alga=\$ 50/kg, precio de la energía= \$ 55/kwh, precio venta= \$ 14,76/gr, altura de bombeo=15 mts, otros costos= \$ 1.500.000/mes, temperatura=15 °C. No se consideran las inversiones y sus ítemes relacionados.

9 Las integrales definidas se han resuelto numéricamente programando en MATHEMATICA, versión 2.2.

precio alga : \$ 100 (pesos / kg)
 precio abalón : \$ 60-80 (1\$/kg) (peso: 150-gr)
 rango T₀ : 14-18°C } Datos AWABI 2005

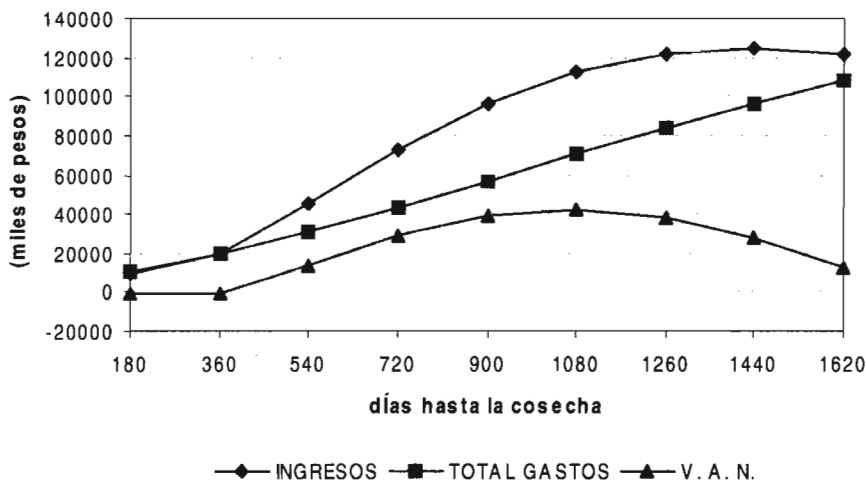


Figura 2: Resultados de la evaluación en valores presentes.

Figure 2: Output of the valuation in present values.

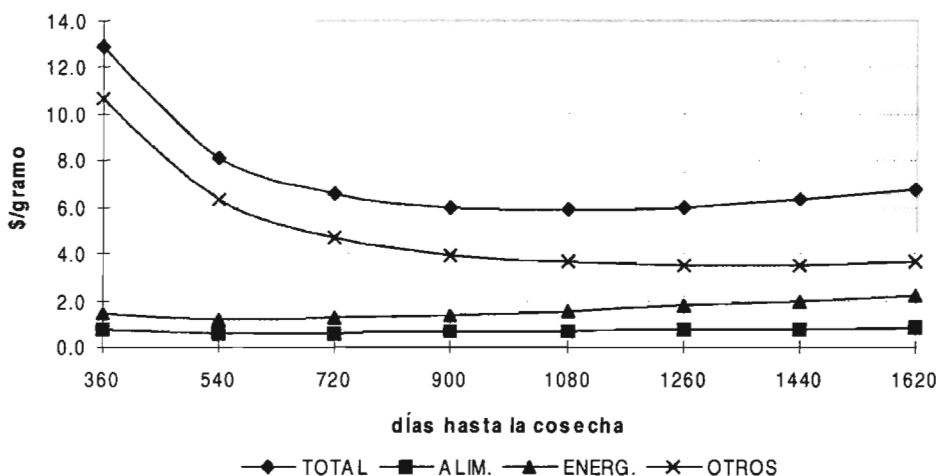


Figura 3: Costo unitario de producción.

Figure 3: Unitary cost of production.

a) Costos (eje vertical izquierdo): tasa de descuento, precio del alga, precio de la energía y monto de otros costos operacionales.

b) Ingresos (eje vertical derecho): precio de venta.

La variación porcentual de cada una de estas variables está medida en el eje horizontal en un rango de -50% a +50%. Como punto de comparación (% de variación=0) se usa un mo-

mento de cosecha en $t=1.080$, es decir un VAN inicial de 42.184,3 que puede leerse en ambos ejes verticales, a pesar de que la escala de medición es distinta. En cada caso se reevalúan numéricamente todas las ecuaciones e integrales con los nuevos parámetros para obtener nuevas estimaciones del VAN tal como se aprecia en la Fig. 4. Así por ejemplo, un aumento de los costos operacionales de un 40%, *ceteris paribus*, implica que se espera un VAN operacional negativo.

Dada su mayor pendiente, claramente el precio de venta de los abalones es la variable crítica del modelo. En relación a los costos operacionales, los costos fijos son el ítem de mayor relevancia por su mayor participación en los egresos. Le sigue en significancia el costo financiero, por sobre el precio del alga y de la energía.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

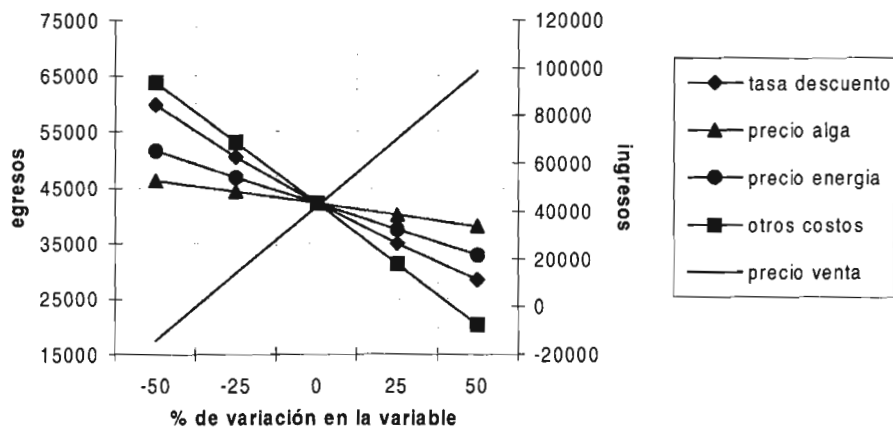


Figura 4: Análisis de sensibilidad

Figure 4: Sensibility analysis

A través de estimaciones biométricas se ajustan curvas continuas de crecimiento en longitud y de sobrevivencia de una cohorte de abalones estimando su biomasa en gramos. Para desarrollar el cultivo en estanque en tierra de esta cohorte, el estudio se centra en los costos de operación, los que también han sido estimados como una función del tiempo. En particular, los costos de alimentación directa en algas y los costos de energía eléctrica son descritos y estimados a través de una transformación directa sobre la biomasa.

Se estima el Valor Actual Neto de los flujos operacionales, excluyendo todos los ítemes relacionados con inversiones. Para esto se define la función de ingresos esperados producto de ven-

der la biomasa existente al momento de la cosecha. El VAN operacional resulta ser positivo y máximo al tercer año. Sin embargo, no es posible afirmar que el cultivo sea económicamente rentable, puesto que su cuantía parece ser exigua para enfrentar las inversiones y los gastos de administración y venta.

El costo de producción para juveniles de 240 días es de \$130,1 c/u, y el costo de producción mínimo para el cultivo de los adultos es de \$5,9/gramo. Además, las variables de mayor significancia en el resultado del proyecto son los ingresos y los costos operacionales diferentes de alimentación y energía.

En conclusión, el trabajo muestra la forma en que los principales costos operacionales de un cultivo de abalón en estanque interactúan a través del tiempo, y la aplicación de herramientas financieras de evaluación y de optimización en un caso de estudio concreto, cuya metodología puede ser aplicada con facilidad y precisión para evaluar otras especies marinas.

ANEXO 1

En la siguiente tabla se muestran precios recientes de comercialización para la especie *Haliotis*:

Importación (CIF) de Abalones por Japón vivos, frescos o refrigerados (con concha)

Imports of Abalone by Japan (CIF) alive, fresh or chilled (with shell)

Año	1994	1993	1992	1991	1990
Kilos	412.518	409.715	476.803	337.654	230.515
Valor(miles de yen)	1.875.517	1.858.272	2.116.579	1.478.988	1.018.549
Precio promedio yen/kilo	4.550	4.540	4.440	4.380	4.410
Precio promedio US\$/kilo	45,5	45,4	44,4	43,8	44,1

Tipo de cambio: 100 yenes por 1 US\$.

Fuente: "Anuario Estadístico de Exportaciones e Importaciones por Países". Japón.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al alumno memorista de Acuicultura de la UCN Andrés Orellana por su colaboración en importantes etapas del trabajo, y al Economista de RNA Sr. Exequiel González P. por valiosos comentarios y sugerencias. Como siempre, los eventuales errores son de responsabilidad exclusiva de los autores.

REFERENCIAS

Adriasola, L. y otros. 1992. Factibilidad Técnica/Económica de un Centro de Cultivo de Abalones en Circuito Cerrado. Departamento de Acuicultura, U. Católica del Norte, Chile.

Bierman H. and S. Smidt. 1988. The Capital Budgeting Decision. Economic Analysis of Investment Projects. Macmillan Publishing Co.

Bjorndal, Trond. 1990. The Economics of Salmon Aquaculture. Boston: Blackwell Scientific Publications.

Clark, C. 1990. Mathematical Bioeconomics. The Optimal Management of Renewable Resources. John Wiley and Sons, Inc.

Copeland, T. and F. Weston. 1988. Financial Theory and Corporate Policy. Addison-Wesley Publishing Co. Tercera Edición.

Gulland, J. A. 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces. ONU para la Agricultura y la Alimentación, FAO.

Hahn, Kirk O. 1989: Culture of *Haliotis Tuberculata* at the Argenton Experimental Station, France, Handbook of Culture of Abalone and Other Marine Gastropods. Ed. Hahn, Kirk O. CRC Press, Inc, Boca Ratón Florida.

Henderson J. M. y R. E. Quandt. 1985. Teoría Microeconómica. Ariel Economía, Barcelona, España.

- Illanes, J. E. y otros. 1988. Informe Final Proyecto Abalón D.G.I.. Departamento de Acuicultura, U. Católica del Norte, Chile.
- Johanson, P. and K. G. Lofgren. 1985. The Economics of Forestry and Natural Resources. New York: Basil Blackwell Inc.
- Neher, P. 1990. Natural Resource Economics. Conservation and Exploitation. Cambridge University Press.
- Newman, D. H. 1983. The Optimal Forest Rotation: A Discussion and Annotated Bibliography. Durham: United States Department of Agriculture, Forest Service. Southeastern Forest Experiment Station. General Report. SE-48.
- Ogawa J., Muciño, M. y Aguilar, D. 1992. Producción de Semillas de Abalón en el Laboratorio de la Sociedad Cooperativa Progreso de Producción Pesquera S.C.L. en La Bocana B.C.S., México. Agencia de Cooperación Internacional del Japón.
- Reinhardt, U. E. 1973. Break-Even Analysis for Lockheed's Tri Star: An Application of Financial Theory. Journal of Finance 32, págs. 821-838.
- Rudd, M. A. and Kermode D. 1992. Potential of the Japanese Abalone, *Haliotis Discus Hannai*, in British Columbia. Bull. Aquacul. Assoc. Canada. 92-3, pp. 11-13.
- Shepherd S., Tegner M. and Guzman del Proo, S. eds. 1992. Abalone of the World, Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books, The University Press, Cambridge.
- Trucco, R. 1989. Métodos de Reproducción y Cultivo Industrial de Abalones en Ambiente Controlado y Ambiente Natural en las Costas Chilenas. Informe, Fac. Cs. del Mar-Coquimbo. U. Católica del Norte, Chile.
- Uki, N. 1989: Abalone Seedling Production and its Theory 2. International Journal of Aquaculture and Fisheries Technology, Vol 1, 125-132.
- Uki, N. 1989: Abalone Seedling Production and its Theory 3. International Journal of Aquaculture and Fisheries Technology, Vol 1, 224-231.