

# ELIMINACIÓN DE *VIBRIO CHOLERAE* 01, BIOTIPO EL TOR, SEROTIPO INABA EN ALMEJAS (*Gari solida*) EMPLEANDO LAS RADIACIONES GAMMA

Torres Z. <sup>(1)</sup> [ztorres@ipen.gob.pe](mailto:ztorres@ipen.gob.pe), Guzmán E. <sup>(2)</sup>, León R. <sup>(2)</sup>

(1) Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú

(2) Universidad Nacional Federico Villarreal / Lima, Perú

## RESUMEN

El presente estudio fue llevado a cabo con el propósito de determinar el valor  $D_{10}$  del *Vibrio cholerae* El Tor en almejas, *in vivo* hasta una concentración de  $10^5$  Vibrios/g. Se calculó un valor  $D_{10}$  igual a 0,136 kGy, frente 0,127 kGy en solución salina peptonada, calculándose una dosis de 1,088 kGy (8D) para su total eliminación. Asimismo, se determinó que 2 kGy era la dosis óptima de irradiación mediante una evaluación sensorial en muestras crudas y cocidas, con análisis microbiológico paralelo, hasta los 21 días en almacenamiento a una temperatura de 0-1 ° C y H.R del 85%. Se calculó una extensión de vida útil para la apariencia, el olor y la textura en muestras crudas irradiadas de 21, 21 y 23 días, respectivamente, frente a los 12, 11, y 5 días para la muestra control. En cuanto a las muestras cocidas irradiadas fueron calculados para el olor, el sabor y la textura, 21, 22, y 25 días frente a 13, 13 y 15 días para las muestras cocidas control. Los resultados de las pruebas sensoriales fueron evaluados por un diseño factorial  $4 \times 3 \times 3$ , con un nivel de confianza del 95 %.

También se determinó la composición química proximal de las almejas control e irradiadas a 2 kGy sin encontrar diferencias significativas. Se analizó también los atributos de frescura como las bases volátiles totales nitrogenadas (mgN/100g), el pH y la cantidad de líquido exudado o drip para ambas muestras, mostrando la muestra irradiada a 2 kGy mayor resistencia a la descomposición.

## 1. INTRODUCCIÓN

La almeja *Gari solida* (Gray, 1828) es un pelecípodo dioico, vive enterrado en un sustrato de arena y grava, en la zona intertidal hasta 5 m. Su distribución geográfica va desde Pucusana (Perú) hasta el Archipiélago de los Chonos (Chile)[1].

Por su naturaleza de ser un molusco bivalvo filtrador, bombea gran cantidad de agua, concentrando la materia orgánica así como los microorganismos patógenos presentes en ella, convirtiéndose el consumo crudo de este bivalvo en un riesgo para la salud humana [2]. Este molusco presentó una contaminación del 1,18 % de *Vibrio cholerae* en 17 ejemplares analizados durante febrero de 1991 hasta julio de 1992 por el Instituto Tecnológico Pesquero del Perú, época donde el Perú sufrió una epidemia causada por este microorganismo enteropatógeno [3].

*Vibrio cholerae* 01 ha sido incriminado en los numerosos brotes acaecidos en varios continentes. Las especies acuáticas que viven en aguas salobres y estuarinas han sido consideradas como una fuente de este microorganismo como lo sugiere Kaysner y colaboradores [4]. *V. cholerae* grupo No 01 también ha sido asociadas con enfermedades diarreicas, pero no tan severas como la causada por *V.cholerae* 01.

En la epidemia peruana no se conoce el origen o emergencia de la misma habiéndose sugerido diversas hipótesis como el movimiento de personas (por avión, barco), el agua como vehículo, los alimentos agrícolas contaminados, animales y especies marinas.

Los estudios realizados con especies marinas nos dicen que el tratamiento con radiaciones ionizantes es muy ventajoso tanto para extender el almacenamiento de estos productos a temperatura de refrigeración así como para la descontaminación de microorganismos patógenos especialmente gramnegativos como el *V. cholerae* [5].

Se plantearon como objetivos principales la determinación del valor  $D_{10}$  para *Vibrio cholerae* 01, biotipo El Tor, serotipo Inaba en almejas vivas y el cálculo de la dosis adecuada para su eliminación (8D), así como también la determinación de la dosis óptima de irradiación mediante un análisis sensorial y

microbiológico para prolongar la vida útil de este alimento marino.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Determinación del valor $D_{10}$ para *V. cholerae* El Tor en almejas *in vivo*

#### 2.1.1 Materia prima

Las almejas vivas fueron recolectadas de la extracción de muestras comerciales de Laguna Grande (14°09'S y 76°16'W) en Pisco Perú y transportadas al Laboratorio, donde fueron lavados con agua de mar con la finalidad de eliminar los restos de arena y fango que se encuentran por lo general en el exterior de las valvas. Luego, fueron sumergidas a una pecera con 40 litros de agua de mar ozonizada 50 horas antes de la inoculación del *vibrio cholerae*.

#### 2.1.2 Preparación de la suspensión

La cepa de *vibrio cholerae* El Tor, serotipo Inaba fue obtenida del Ministerio de Salud y para su recuperación, se suspendió una alícuota en una solución de agua peptonada alcalina (APA), incubándose por 8-12 horas a 42°C, para luego ser estriada en agar tiosulfato citrato bilis sacarosa (TCBS) el cual fue incubado a 37°C por 24 horas de la cual se estrió una colonia en agar Infusión Cerebro Corazón (BHIA) inclinado el cual fue incubado por 24 horas a 37°C [3] obteniéndose una concentración entre  $10^8$  -  $10^9$  UFC/ml en 150 ml de APA.

#### 2.1.3 Inoculación de la suspensión

El agua de mar previamente ozonizada conjuntamente con las almejas vivas fue contaminada con el inóculo de *vibrio cholerae* preparado.

#### 2.1.4 Análisis de las muestras

Se realizaron ensayos llegándose a encontrar que en un tiempo de 3 horas las almejas se contaminaban hasta una concentración de  $4,2 \times 10^6$  UFC de *vibrio cholerae* /g. Para ello se empleó como medio diluyente APA y para el conteo de las colonias agar TCBS (método de extensión en superficie) [12].

#### 2.1.5 Irradiación de las muestras

El irradiador fue el Gammacell 220 cuya fuente fue el  $^{60}\text{Co}$ , en donde las muestras contaminadas, embolsadas, se irradiaron a 0,1; 0,2; 0,3; y 0,4 kGy a temperatura de la sala (25-27 °C). Posteriormente se aplicó un tiempo de recuperación de 1 hora, de las muestras enteras previamente desvalvadas en agua peptonada alcalina. Además como punto de referencia se determinó el valor  $D_{10}$  para *vibrio cholerae* en solución salina peptonada.

#### 2.1.6 Recuento bacteriano

Se tomaron 5 muestras de almejas vivas desvalvadas y se dejaron reposar por 1 hora en agua peptonada alcalina en proporción 1:1; desde la cual se realizaron diluciones decimales. Se sembró por el método de extensión en superficie utilizando TCBS con el propósito de obtener recuentos específicos de *vibrio cholerae*, debido a que si el medio de siembra fuese otro habría interferencia con el crecimiento de otros microorganismos propios de la flora intestinal de la especie. La cepa irradiada en solución salina peptonada fue analizada de la misma manera. La determinación del valor  $D_{10}$  se halló por regresión lineal.

### 2.2. Determinación de la dosis óptima de irradiación

Las muestras de almejas fueron obtenidos del Terminal Pesquero de Villa María del Triunfo; fueron limpiadas, lavadas con agua potable, escurridas, colocadas en bolsas de polietileno, selladas al aire e irradiadas acompañadas con bolsas de hielo a 1, 2 y 3 kGy. Para el cálculo del tiempo de exposición se utilizó la dosimetría Fricke [11]. Los lotes irradiados y sin irradiar fueron colocados en almacenamiento a 0-1 °C, durante 21 días, durante los cuales se evaluó las características organolépticas tanto en muestras crudas como en cocidas utilizando una escala de 5 puntos, así como también el crecimiento microbiano a 22°C.

#### 2.2.1 Evaluación sensorial

Se utilizaron 5 panelistas entrenados utilizando una escala de evaluación de 5 puntos. Se evaluó de las almejas al estado crudo, la apariencia, olor y textura, mientras que para las almejas cocidas se evaluó el sabor, olor y textura previamente lavados y cocinados en solución al 2% de cloruro de sodio (NaCl). El límite de aceptabilidad fue de 3 puntos. Las evaluaciones se realizaron el día 1, 7, 14 y 21 de almacenamiento. Ambos formatos se muestran en el anexo 1 y 2. Los resultados de la calificación fueron evaluados

utilizando el diseño factorial  $4 \times 3 \times 3$  [10] cuyos resultados se utilizaron para la determinación de la dosis óptima.

### 2.2.2 Análisis microbiológico

Las muestras irradiadas a 1, 2 y 3 kGy y la sin irradiar fueron evaluadas microbiológicamente los días 1, 7, 14, 21. Para ello se empleó el método de inclusión en placas [13] utilizando como medio diluyente APA y como medio de siembra agar BHIA, dejándose incubar a 22°C por 24-48 horas.

### 2.3. Determinaciones físico-químicas, sensoriales y microbiológicas en almejas control e irradiadas a 2 kGy

Conocida la dosis óptima de irradiación se procedió nuevamente a una evaluación sensorial entre muestra control e irradiada a la dosis óptima; con el objetivo de verificar los

resultados de la prueba preliminar y de calcular por regresión lineal los tiempos de vida útil para cada uno de las muestras, tanto en crudo como en cocido. Paralelamente se realizó un análisis microbiológico, un análisis químico proximal (al inicio de la experiencia) y los atributos de frescura como son las bases totales volátiles nitrogenadas [14], el pH (método potenciométrico) y la pérdida de agua o drip [15].

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 3.1. Resultados sobre el efecto de la irradiación en *vibrio cholerae* El Tor

El valor  $D_{10}$  calculado para *vibrio cholerae*, en almejas es de 0,136 kGy ( $r^2=0,994$ ), frente a 0,127 kGy ( $r^2=0,95$ ) en solución salina peptonada.

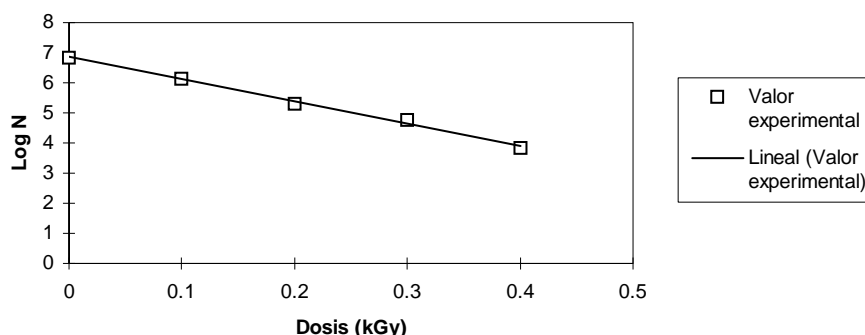


Figura 1. Variación de la población de *Vibrio cholerae* en función a la dosis de irradiación en almejas.

Con los resultados obtenidos del valor  $D_{10}$  en almejas y en solución acuosa se puede mencionar que dichos valores concuerdan con la teoría de que existe una mayor resistencia de los microorganismos en medio sólido que en un medio acuoso ante la irradiación [6]; además debido a que la inoculación se llevó a cabo en el interior de este bivalvo, se produce un efecto radioprotector de la proteína del músculo [7]. Por otro lado la experiencia nos dice que a dosis muy bajas de irradiación se logra eliminar microorganismos patógenos no esporulados [5] como el *vibrio cholerae* en carnes rojas, pescados y aves de corral, aceptando estos bajos valores de experimentación. La OPS/OMS establece

como dosis infectiva una concentración de  $1,0 \times 10^8$  UFC/g [8], por lo tanto una dosis de 8D es equivalente a 1,088 kGy suficiente para garantizar la eliminación de este microorganismo patógeno.

### 3.2. Resultados del efecto de la irradiación sobre el producto para la determinación de la dosis óptima

#### 3.2.1 Análisis microbiológico

Los resultados microbiológicos a las dosis 1, 2 y 3 kGy, durante los 1, 7, 14 y 21 días de almacenamiento se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Recuentos microbianos en almejas control e irradiadas; incubadas A 22 °C (UFC/g).

Tiempo (días)	Control	1kGy	2kGy	3kGy
1	$3,6 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$	$8,2 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$
7	$1,6 \times 10^5$	$4,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^2$
14	$1,2 \times 10^7$	$4,2 \times 10^4$	$3,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^3$
21	$1,6 \times 10^8$	$4,0 \times 10^5$	$3,4 \times 10^4$	$2,16 \times 10^3$

De acuerdo a la revisión bibliográfica [16], los alimentos marinos tienen un límite de calidad aceptable hasta una población de  $10^6$  UFC/g, por lo que de acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 1 y aplicando una regresión lineal podemos decir que la muestra control supera los límites microbiológicos alrededor del noveno día, mientras que las muestras irradiadas, en especial las sometidas

a dosis de 2 y 3 kGy se encuentran dentro de los límites con 4,53 log/g y 3,33 log/g respectivamente, al vigésimo primer día de almacenamiento en refrigeración entre 0-1 °C. De esto podemos deducir que microbiológicamente la dosis de 2 y 3 kGy son mejores, pero esto se tuvo que confrontar con los resultados de la evaluación sensorial realizadas en paralelo, con la finalidad de obtener la dosis óptima.

Tabla 2. Puntajes promedios obtenidos en la evaluación sensorial en almejas crudas, control e irradiadas a 1, 2 y 3 kGy.

APARIENCIA

Tiempo (días)	Control	1 kGy	2 kGy	3kGy
1	4,7	4,37	4,40	4,2
7	3,13	4,13	4,21	4,13
14	2,73	3,33	3,4	3,28
21	2,13	2,8	3,27	2,8

OLOR

Tiempo (días)	Control	1 kGy	2 kGy	3kGy
1	4,7	4,27	4,61	4,23
7	3,43	3,61	3,93	4,06
14	2,77	3,23	3,53	3,26
21	2,06	2,88	2,88	3,13

TEXTURA

Tiempo (días)	Control	1 kGy	2 kGy	3kGy
1	4,67	4,37	4,4	4,3
7	3,15	4,13	4,33	4,2
14	2,9	4,06	4,23	4,2
21	2,73	3,4	3,86	3,93

**Tabla 3.** Puntajes promedios obtenidos en la evaluación sensorial en almejas cocidas, control e irradiadas a 1, 2 y 3 kGy.

OLOR				
Tiempo (días)	Control	1 kGy	2 kGy	3kGy
1	4,46	4,93	4,56	4
7	2,8	4,06	3,9	3,95
14	2,06	3,46	3,76	3,53
21	1,26	2,6	2,9	2,73

SABOR				
Tiempo (días)	Control	1 kGy	2 kGy	3kGy
1	4,37	4,53	4,57	4,3
7	2,46	4,06	4,13	4
14	2,05	3,33	3,9	3,4
21	1,13	2,66	3,23	2,96

TEXTURA				
Tiempo (días)	Control	1 kGy	2 kGy	3kGy
1	4,75	4,75	4,73	4,63
7	4	4,6	4,46	4,4
14	3,5	4,13	4,06	4
21	3,2	3,66	3,66	3,6

### 3.2.2. Evaluación sensorial

Como podemos observar en la tabla II los puntajes promedios obtenidos para las muestras crudas control en el primer día de almacenamiento en refrigeración son cercanas a 4, notándose una disminución en cuanto al olor en las muestras irradiadas, especialmente en la muestra control, 1 y 3 kGy. En relación a las dos primeras se hizo notorio un olor amoniacal y a otros compuestos volátiles producidos por la desaminación de las proteínas por acción de los microorganismos [11]. En cuanto a las muestras de 3 kGy se percibió un olor extraño (olor a irradiado) y un oscurecimiento de la carne [9] siendo la menos aceptable. En cuanto a la textura las tres dosis producen efectos suavizantes en las almejas, debido a la ruptura parcial de los enlaces peptídicos lo que trae como consecuencia una mayor pérdida de agua [5]. En la tabla III podemos observar que la muestra control pierde el olor fresco cocido característico aproximadamente a los 6 días, mientras que las de 1, 2 y 3 kGy mantienen el olor característico hasta los 16, 17 y 20 días respectivamente; de la misma manera se observa una extensión de la vida útil comparando el sabor, ya que el olor y el sabor

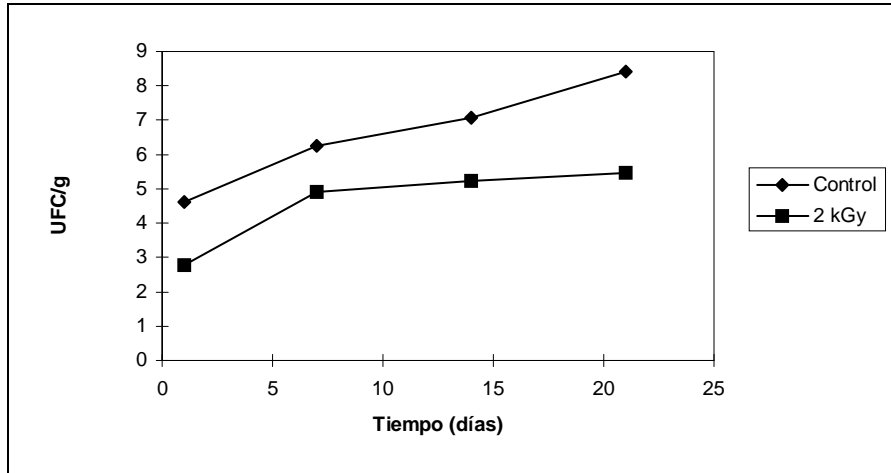
a irradiado se disipa por efecto del proceso de cocción [5]. En cuanto a la textura las tres muestras irradiadas obtuvieron puntajes semejantes debido a la rehidratabilidad de la membrana celular en el momento de la cocción.[9].

Los puntajes fueron analizados estadísticamente mediante un diseño factorial 4x3x3 y mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=5\%$ ) se llegó a la conclusión que la dosis óptima fue la de 2 kGy con un 95% de confiabilidad.

### 3.3. Determinaciones microbiológicas, sensoriales y físico-químicas en almejas control e irradiadas a 2kGy

#### 3.3.1 Análisis microbiológico

Se realizó una evaluación microbiológica entre la muestra control y la irradiada a 2 kGy los días 1, 7, 14 y 21 durante el almacenamiento en refrigeración a 0-1 °C con el objetivo de comparar el crecimiento microbiano en función a la dosis aplicada, tal como se muestra en la figura 2.



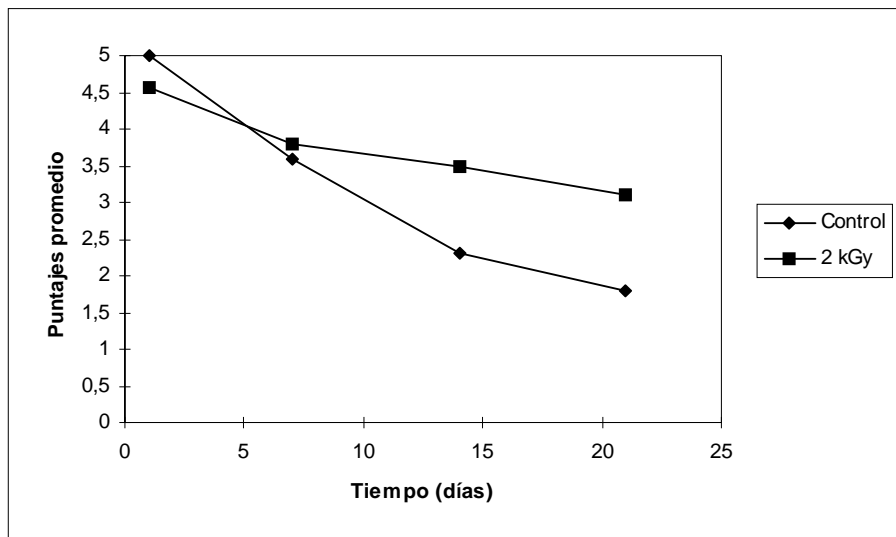
**Figura 2.** Evaluación microbiológica a 22 °C en almejas control e irradiadas a 2 kGy, durante el almacenamiento a 0-1 °C.

Tomando como límite de aceptabilidad microbiológico de 6 LOG/g [16] se observa que la muestra control al séptimo día ya sobrepasó este límite, mientras que la muestra de 2 kGy lo hizo el vigésimo segundo día aproximadamente. Se observa además que el tratamiento de 2 kGy reduce 2,005 LOG/g en relación con la muestra control en función al

tiempo, teniendo efecto positivo este tratamiento.

### 3.3.2 Evaluación sensorial

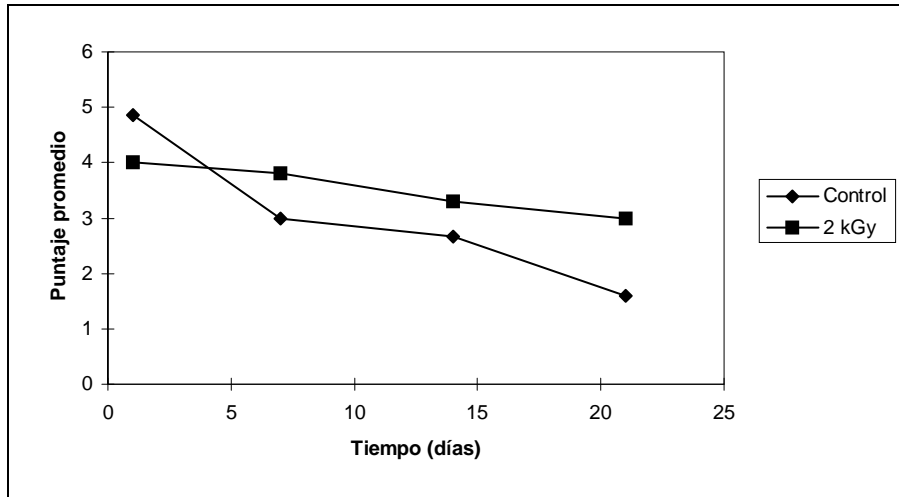
Las figuras 3, 4 y 5 representan el comportamiento de los atributos para las muestras crudas; mientras que las figuras 6, 7 y 8 para las muestras cocidas.



**Figura 3.** Resultados de la evaluación de la apariencia durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas crudas control e irradiadas a 2 kGy.

Se observa que la muestra control a perdido la apariencia característica a los 12 días, mientras que el tiempo de vida útil calculado por regresión lineal para la muestra de 2 kGy es de 21 días. Además los puntajes se intersectan en el día 6 aproximadamente, debido a un ligero

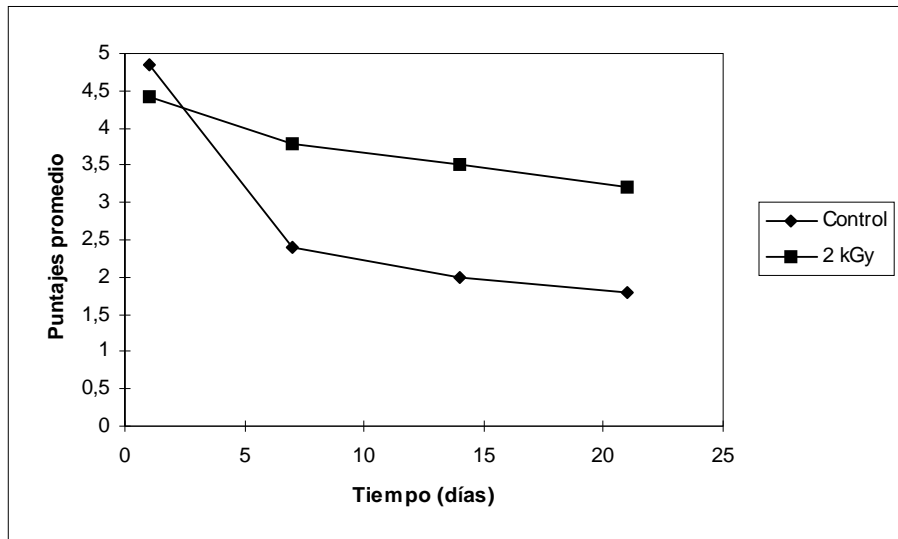
oscurecimiento de la muestra tratada a 2 kGy a diferencia de la muestra control empieza su etapa de descomposición, deteriorándose en un tiempo muy corto, descendiendo su puntaje rápidamente.



**Figura 4.** Resultados de la evaluación del olor durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas crudas control e irradiadas a 2kGy.

La muestra control presenta una pérdida ligeramente rápida del olor fresco a los 11 días de almacenamiento, mientras que el

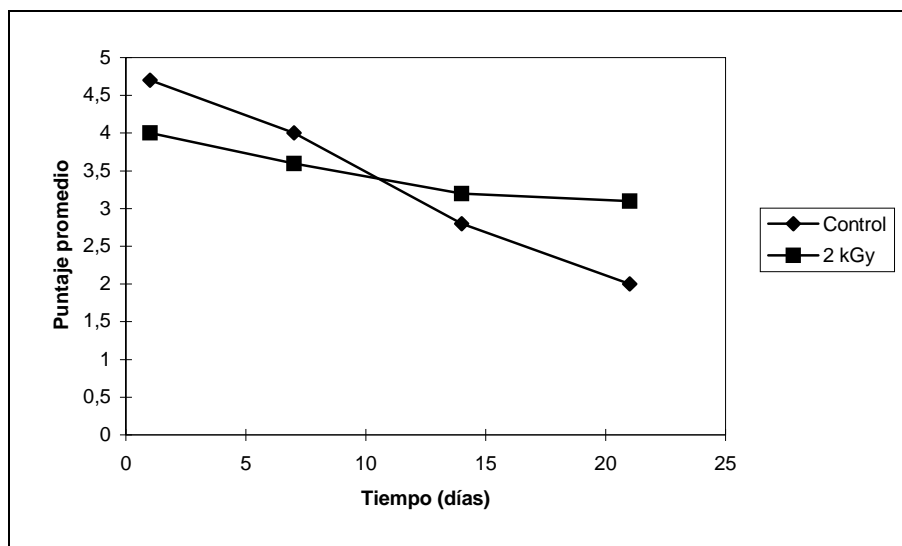
tratamiento a 2 kGy prolonga la estabilidad de este atributo hasta los 21 días.



**Figura 5.** Resultados de la evaluación de la textura, durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas crudas control e irradiadas a 2 kGy.

La Figura 5 indica que la muestra control pierde en 5 días aproximadamente la textura que lo caracteriza, mientras que el tratamiento

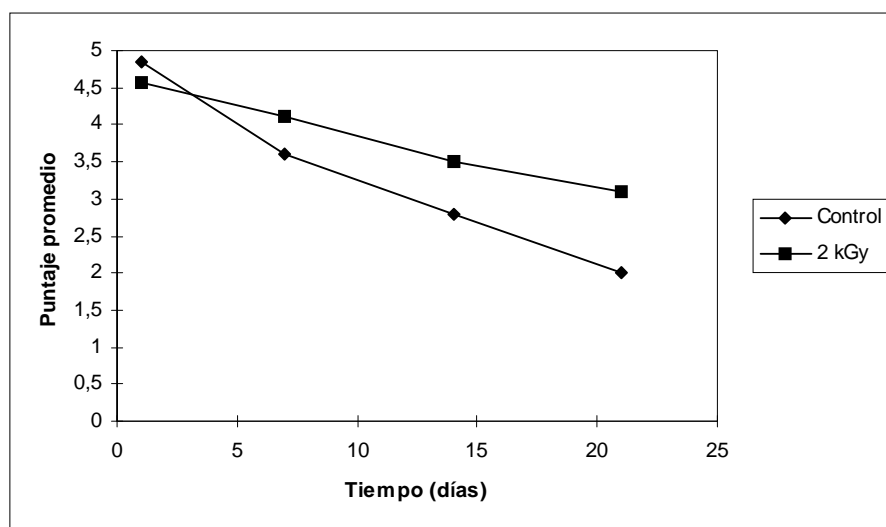
de 2 kGy prolonga la textura hasta los 23 días en almacenamiento.



**Figura 6.** Resultado de la evaluación del olor durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas cocidas control e irradiadas a 2 kGy.

Durante la cocción se produce una pérdida del sabor a irradiado [5] además del enmascaramiento de algunos olores extraños, por ello, se aprecia que el olor de la muestra

control llega al límite de aceptabilidad hasta el día 13, es decir 2 días más que en el estado crudo. El tratamiento de 2 kGy prolonga el olor hasta los 21 días aproximadamente.

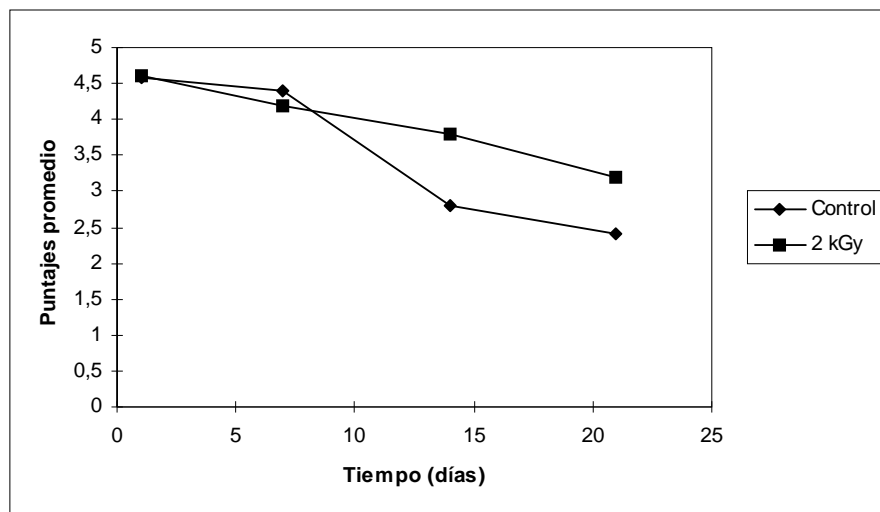


**Figura 7.** Resultados de la evaluación del sabor durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas cocidas control e irradiadas a 2 kGy.



En la figura 7 se observa que la muestra control tiene un sabor límite aceptable hasta

los 13 días, prolongándose hasta los 22 días con el tratamiento de 2 kGy.

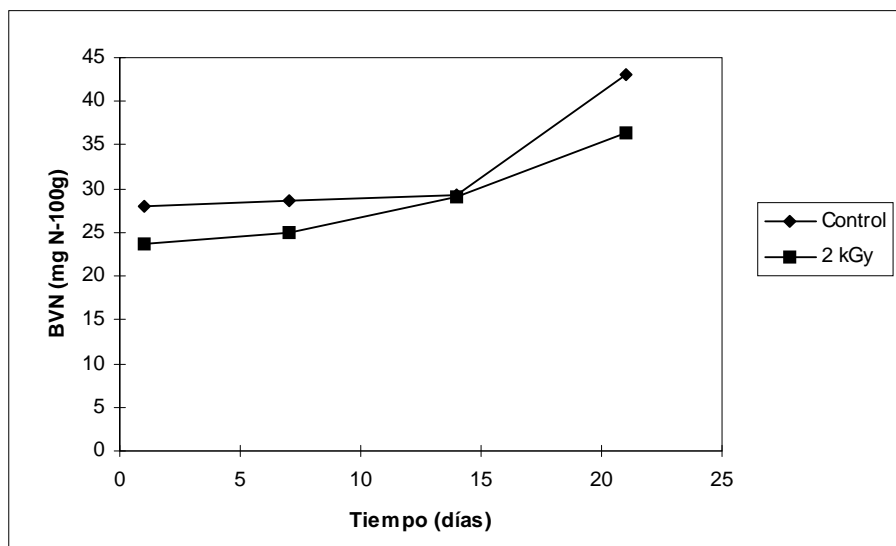


**Figura 8.** Resultados de la evaluación de la textura durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas cocidas control e irradiadas 2 kGy.

En cuanto a la textura, el tratamiento a 2 kGy permite la extensión de la vida útil 10 días más que la muestra control, presentando esta última un valor límite hasta el día 15, contra 25 días de la muestra tratada.

3.3.3 *Análisis físico-químicos para evaluar la frescura.*

3.3.3.1. Nitrógeno de bases volátiles totales (N-BVT)



**Figura 9.** Resultados de la evaluación de las bases volátiles totales durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas control e irradiadas a 2 kGy.

Los valores de 20-25 mg % de N-BVT indican alta frescura, a valores de 30-45 mg% de N-BVT indican baja frescura especialmente a especies marinas como los langostinos, almejas y caracoles etc [14]. La figura 9, nos muestra como la muestra control presenta un nivel de frescura intermedia, manteniéndose así, hasta el día 14; lo que se corrobora con el recuento de  $10^6$  UFC/g; mientras que la muestra tratada a 2 kGy se mantiene con una alta frescura hasta el día 7, con un recuento microbiano de  $10^4$  UFC/g y presenta una frescura intermedia hasta el día 14. Al día 21 la muestra control presenta una baja frescura y un olor amoniacal intenso con 43 mg % de N-BVT y un recuento microbiano del orden de  $10^7$  UFC/g haciéndola inaceptable para el consumo.

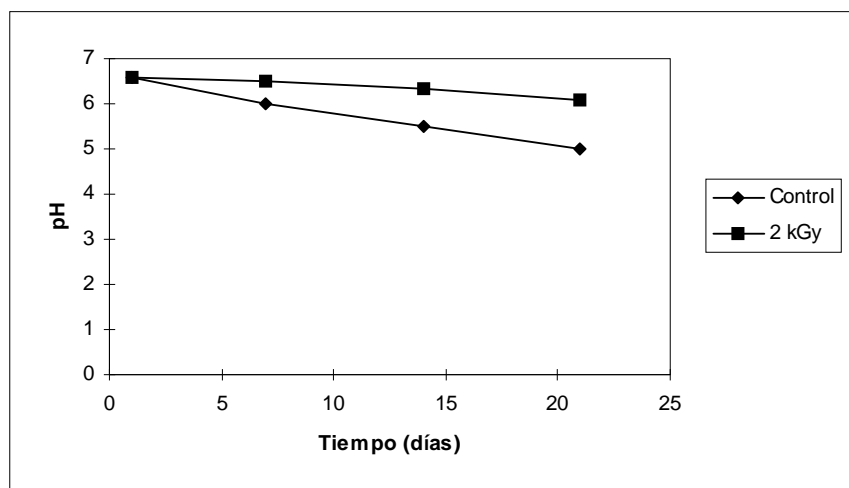
En cuanto la muestra tratada a 2 kGy, el día 21 presentó una baja frescura con un recuento

microbiano de  $10^5$  UFC/g, que está en los límites permitidos, sin presentar el olor amoniacal característico del deterioro enzimático.

### 3.3.3.2. pH

El pH de una almeja fresca está entre 6,4-6,9 y la de una baja frescura tiene un pH menor a 5,8 [15]. La muestra control empieza el día 1 en estado fresco y se mantiene así hasta el día 7. Posteriormente, el día 14, muestra un descenso en la frescura volviéndose más ácido hasta alcanzar un valor de 5,0 el día 21. Por otra parte la muestra tratada a 2 kGy mantiene la frescura hasta el día 14; produciéndose un ligero descenso a 6,09 en el día 21.

El comportamiento de la misma con respecto al tiempo se aprecia en la Figura 10.



**Figura 10.** Resultados de la evaluación del pH durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas control e irradiadas a 2 kGy.

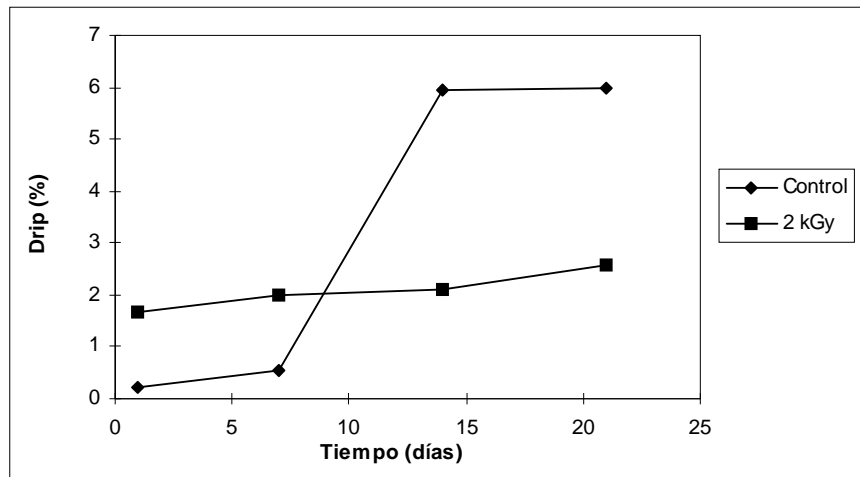
El pH en los moluscos, en este caso las almejas; tiene contraste con el comportamiento del pH en los pescados y crustáceos; en los primeros, la acumulación de glucógeno es el responsable de manera principal del descenso del pH durante el almacenamiento. La vía enzimática es la glucólisis, en donde se desdobra este polisacárido en glucosa 6 P y sus respectivos ácidos orgánicos; que son los responsables de manera directa de esta alteración. Estudios realizados en músculo de almejas de oleaje [17] revelan que no se encontró lactato como producto final de la

glucólisis y sólo revelan la presencia de piruvato. Esto indicó que el músculo de la almeja de oleaje podría poseer una diferente vía metabólica a otras conocidas de sistemas musculares diferentes, la cual produce lactato como producto de la glucólisis.

De manera paralela existen bacterias sacarolíticas activas que fermentan el 3 % o más del glucógeno presente en el músculo [18] durante el almacenamiento, por lo que se considera una vía no muy significativa en relación a la glucólisis. Se identificó la

presencia de *Lactobacillus* como la bacteria fermentadora más importante de la microflora

alterante.



**Figura 11.** Resultados de la evaluación del drip durante el almacenamiento a 0-1 °C en almejas control e irradiadas a 2 kGy.

### 3.3.3.3. Pérdida de peso o drip

Se observa que hasta el día 7 el exudado es mayor en las muestras irradiadas con una diferencia de 1,46 % y 1,45 % respecto a la muestra control, resultado directo del proceso de radiólisis [11]. El día 14 el exudado es mayor para las muestras control con una

diferencia de 3,87% respecto a la muestra irradiada; lo mismo sucede el día 21 con una diferencia del 3,4%.

### 3.3.3.4. Composición química

Los resultados se muestran a continuación en la tabla 4.

**Tabla 4.** Evaluación de la composición química en almejas control e irradiadas a 2 kGy.

Características	Control	2 kGy
Cenizas	1,32 %	1,32 %
Grasa cruda	0,44 %	0,45 %
Proteína cruda	14,26 %	14,58 %
Humedad	81,41 %	81,42 %

La aplicación de dosis de 2 kGy no modifica la composición química del alimento. La aplicación de dosis elevadas podría causar algunas modificaciones sobre el alimento, como la pérdida de nutrientes etc.[5]

## 3.4. Análisis de costos

### 3.4.1. Características de la planta

La Planta de Irradiación Multiuso es de fabricación rusa, la cual alberga inicialmente una carga de 100 000 Ci,. El bunker de la planta es un ambiente blindado con paredes

de 0,6 a 1,2 m de espesor, y tiene unas dimensiones de 14,0 x 6,6 m; en él se encuentra la piscina, cuyas dimensiones son de 2,0 x 2,8 x 4,8 m.

El costo anual de operación de la Planta asciende a US \$ 589 060 por año; por tanto el costo de tratamiento por hora es de US \$ 80,7/h, considerándose 20 horas de trabajo en un tiempo de 365 días. Para el cálculo de costo de irradiación se tomaron como base los datos obtenidos del estudio de Factibilidad de la Planta de Irradiación Multiuso, que a continuación se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** Costo de capital y costo de operación de la planta de irradiación en el Perú.

<b>COSTOS DE CAPITAL</b>	<b>COSTOS (US \$)</b>
Construcción civil	1 300 000
Maquinarias y equipos	1 100 000
<b>COSTO TOTAL DE CAPITAL</b>	<b>US \$ 2 400 000</b>
<b>COSTOS DE OPERACIÓN POR AÑO</b>	
<b>COSTO ANUAL DIRECTO DE OPERACIÓN</b>	
<u>Costos de personal</u>	
Jefe de Planta	12 960
Jefe de operación	12 600
Asistente de planta	10 800
Control de calidad	8 400
Gerencia	36 000
Administrativo	54 000
Personal obrero	25 200
<u>Servicios</u>	
Mantenimiento (5% valor eq.)	55 000
Utilitarios (Gastos administrativos)	10 000
Recargo de Co-60 (12,5%)	22 500
Servicios (Agua, luz y tel.)	5 600
	<b>US \$ 253 060</b>
<b>COSTO ANUAL INDIRECTO DE OPERACIÓN</b>	
<u>Depreciación, interés y seguros</u>	
Depreciación de la inversión total (10%)	240 000
Interés basado en 6% del capital total	72 000
Seguros	24 000
	<b>US \$ 336 000</b>
<b>COSTO ANUAL TOTAL</b>	<b>US \$ 589 060</b>

Fuente: Estudio de factibilidad de la Planta de Irradiación Multiuso (PIMU)

### 3.4.2. Características del producto

El volumen de extracción total de almejas para el año de 1997 de acuerdo a los datos del Ministerio de Pesquería corresponde a 236 TM, de los cuales 1 TM es destinado para productos enlatados, 3 TM como producto congelado y 232 TM para el consumo fresco; [19] tomándose éste último dato para fines de análisis de costos. El volumen de extracción en este último año se vio enormemente afectado por el Fenómeno del Niño, siendo el 0,47% del volumen total de moluscos extraídos.

Para fines de cálculos se consideró como parte comestible el 25% del total, teniendo una producción disponible de 58 TM por año que de acuerdo a la densidad de 0,33 g/cm<sup>3</sup> se necesitan 7 días para ser irradiados a 2 kGy siendo entonces el costo por kilogramo de producto US \$ 0,167. De acuerdo a lo mencionado el precio asciende a US \$ 0,20 con un margen de utilidad del 20%. La forma

de exportación sería en bolsas de polietileno de 1 kg en estado de refrigeración.

## 4. CONCLUSIONES

El valor D<sub>10</sub> para *vibrio cholerae* en almejas es de 0,136 kGy.

La tecnología de irradiación de alimentos es muy eficaz para la eliminación de microorganismos no esporulados como el *vibrio cholerae*; la aplicación de 1,088 kGy permite la eliminación de 8 LOG/g. siendo esta concentración la dosis infectiva que puede causar daño a personas con acidez estomacal normal.

La dosis óptima de irradiación para almejas almacenadas en refrigeración a 0-1 °C y H.R 85% es de 2 kGy, la aplicación de esta dosis prolonga la vida útil de cada atributo sensorial aproximadamente entre 20-25 días, es decir aproximadamente 14 días más que la muestra control, fijándose en cuanto a la frescura, el

décimo quinto día como el límite de aceptabilidad.

La aplicación de dosis de 2 kGy en almejas almacenadas en refrigeración a 0-1 °C y H.R 85% no modifica significativamente la composición química proximal, conserva la frescura del producto y reduce los índices microbianos retardando la descomposición.

El descenso del pH está relacionado de manera principal con el proceso de glucólisis; por tanto la aplicación de 2 kGy no inactiva este proceso enzimático en función al tiempo, por otro lado la aplicación de temperaturas menores a los -2 °C durante el almacenamiento revelan una mayor eficiencia a la inactivación enzimática.

El costo en la Planta de irradiación peruana para el tratamiento a 2 kGy de almejas desvalvadas en bolsas de polietileno es de aproximadamente 0.167 US \$/ kg.

## REFERENCIAS

- [1]. ISHIYAMA, C. V., CHAVEZ, S.G., Reproducción de *Gari solida*, Revista UNMSM, Vol 75 N°1, Facultad de Ciencias Biológicas Lima-Peru (1990) 53-55.
- [2]. INSTITUTO DE MEDICINA PREVENTIVA VETERINARIA, Universidad Austral de Chile, Calidad bacteriológica de almejas frescas según su lugar de extracción y condiciones de manejo, Rev. Alimentos. Vol 14-N°4. Chile (1989)17-21.
- [3]. CARBAJAL, G., SÁNCHEZ, J., AYALA, M., HASE, A., Características diferenciales de *V. cholerae* marino y clínico durante la epidemia peruana ITP. Boletín de Investigación (1994) 49-60.
- [4]. KAYSNER, CH. A., ABEYTA, C., WEKEL M.M., DE PAOLA, A., STOTT, R. JR. AND LEITCH, J.M. Incidencia de *Vibrio* of *cholerae* 01 from Estuaries of the United States West Coasts. Appl. Env. Mic. 53 (6) (1987)1344-1348.
- [5]. WHO, Food Irradiation. A Technique for preserving and improving the safety food. Worl Health Organization, Geneva, Switzerland (1988) 84pp.
- [6]. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Training Manual on Food Irradiation Tecnology and Techniques, 2<sup>nd</sup> Ed., Vienna, Austria (1982) 205 p.
- [7]. JAY, J.M., Microbiología moderna de los alimentos, 3ra edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España (1994) 345-371.
- [8]. OPS/OMS, Contaminación microbiana de los alimentos vendidos en la vía pública, editado por Claudio Almeida et al., (1996) 3-4.
- [9]. FENNEMA, O., Química de Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España (1994).
- [10]. CALZADA, B.J, Métodos estadísticos para la investigación, Lima - Perú (1974) 286-300.
- [11]. MUÑOZ, B. R., SÁNCHEZ, V. M., UZCÁTEGUI, A. E., VACA, F. C., Preservación de los alimentos por irradiación Escuela Politécnica Nacional de Quito (1985) 89-93.
- [12]. CDC / NCID OPS., Métodos de laboratorio para el diagnóstico de *Vibrio cholerae* (1993) 44-69.
- [13]. RATTO, M., VEGA, C., GARRIDO, T., Control microbiológico de alimentos, Métodos recomendados, 1<sup>era</sup> Edición (CLEIBA), Lima-Perú (1983).
- [14]. MAZA, R. S., Manual de Procesamiento y Control de calidad del Langostino Congelado, ITP. 2-3, (1986)12-13.
- [15]. MAZA, R. S., HAMAMOTO, M. H., MUÑOZ, P. A., Manual Técnico y Control de calidad de almejas (*Protothaca thaca*) (1984).
- [16]. CARBAJAL C. G., Microbiología de alimentos marinos 1. ed. Lima-Perú (1991).
- [17]. JOURNAL OF FOOD SCIENCE, 43 (1978) 35-37.
- [18]. ICMSF, Ecología Microbiana de los alimentos, Volumen II, Editorial Acribia, Zaragoza, España (1985) 590-592.
- [19]. OFICINA GENERAL DE ECONOMÍA PESQUERA. Anuario Estadístico Pesquero (1997) 351-353.