

59  
28.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**CONSERVACION DE PESCADO POR  
FERMENTACION ACIDO - LACTICA**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

P R E S E N T A I

ANTONIA OLIVARES MARTINEZ

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.,



EXAMENES ANUALES 1988  
FAC. DE QUIMICA



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## GENERALIDADES

### Producción Pesquera Mundial y Nacional

La producción pesquera mundial en el año de 1984 ascendió a 82,770 miles de toneladas, según lo muestra el cuadro 1, presentando un incremento del 8.32% con respecto a la producción del año anterior. En este mismo año México ocupó el 18° lugar en producción, con un volumen de captura de 1,135 miles de toneladas, lo que representa el 1.37% del volumen total, cuadro 2. De lo anterior se infiere que en México aún cuando no se realiza una explotación óptima de los recursos pesqueros existen buenas perspectivas. - Por ejemplo, el volumen alcanzado en el país en 1985 fue 1,255,888 toneladas mostrando un incremento de 10.69% respecto al volumen de captura del año anterior, como se muestra en el cuadro 3. De este volumen de captura - - (1985) se destinaron 836,728 toneladas a consumo humano - directo, aquí se considera tanto el pescado fresco como - el pescado procesado (enlatado, congelado, seco-salado y otros), ésto significó el 66.26% de la producción total. cuadro 5.

Por otra parte el volumen de captura para consumo humano indirecto fue de 378,875 toneladas lo que representa 30.16% del volumen total. Este volumen es destinado para la elaboración de harina de pescado. Se denomina consumo humano indirecto porque contribuye en la fabricación de alimentos balanceados, por tanto, interviene en la cría de animales los cuales sirven de alimento para el humano, contribuyendo así, al abastecimiento de otros alimentos en la dieta de la población.

## C O N T E N I D O

INTRODUCCION	1
GENERALIDADES	2
Producción pesquera mundial y nacional	2
Importancia nutricional del pescado	11
Métodos de conservación del pescado	15
METODOLOGIA	24
RESULTADOS Y DISCUSION	33
CONCLUSIONES	61
ANEXO I	62
ANEXO II	74
BIBLIOGRAFIA	90

## I N T R O D U C C I O N

Dada la situación económica actual de nuestro país, se requiere más que nunca el aprovechamiento óptimo de los recursos que posee en proporciones mayoritarias. Es de todos conocida la situación privilegiada que México tiene en cuanto a su potencialidad pesquera, debido a su situación geográfica. Esto ha hecho posible que, aún cuando la explotación no se realiza al máximo, ha llegado a ocupar el 18° lugar mundial de volumen de captura en 1985.

De la captura nacional de pescado, el 30% se procesa para la producción de harina, la cual se utiliza primordialmente en la elaboración de alimentos balanceados para aves y cerdos.

El presente trabajo surgió de la necesidad de buscar alternativas de conservación de pescado que redujeran los costos del procesamiento y minimizaran la inversión.

En términos concretos, el presente trabajo propone la conservación del pescado por fermentación ácido-láctica mediante el ensilaje del mismo.

## CUADRO 1

Producción Mundial Pesquera  
(miles de toneladas)

año	Producción
1978	70,439
1979	71,266
1980	72,191
1981	74,760
1982	76,773
1983	76,471
1984	82,770

Fuente: FAO. Anuario Estadístico Pesquero  
Anuario Estadístico de Pesca 1985(1)

## CUADRO 2

Captura Mundial según principales países y lugar que  
ocuparon, 1984.  
(miles de toneladas)

País	Producción
Mundial	82,770
1° Japón	12,021
2° Rusia	10,593
3° China	5,927
4° Estados Unidos	4,814
5° Chile	4,499
6° Perú	2,997
7° India	2,859
8° Corea	2,477
9° Noruega	2,456
10° Tailandia	2,250
11° Indonesia	2,217
12° Filipinas	1,935
13° Dinamarca	1,847
14° Corea Democrática	1,650
15° Islandia	1,535
16° España	1,268
17° Canadá	1,221
18° México	1,135
19° Brasil	946
20° Ecuador	867
Otros	17,256

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1985 ( 1 )

## CUADRO 3

Producción Nacional Pesquera  
(toneladas)

<u>Año</u>	<u>Producción</u>
1979	1,002,295
1980	1,257,148
1981	1,565,465
1982	1,356,305
1983	1,075,547
1984	1,134,592
1985	1,255,888

fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1985(1)

## CUADRO 4

Volumen de la Captura, según Entidad Federativa, 1985.  
(toneladas)

<u>Entidad</u>	<u>Volumen</u>
Total	1,255,888
Sonora	345,750
Baja California 1/	283,462
Sinaloa	124,359
Veracruz	103,350
Campeche	72,279
Baja California Sur	67,140
Tamaulipas	50,209
Yucatán	35,083
Tabasco	33,628
Michoacán	28,969
Chiapas	16,355
Nayarit	15,950
Guerrero	14,713
Oaxaca	11,472
México	11,217
Jalisco	10,843
Colima	6,390
Quintana Roo	5,800
Hidalgo	4,968
Durango	2,800
Guanajuato	2,125
San luis Potosí	1,745
Puebla	1,620
Coahuila	1,533
Aguascalientes	1,149
Querétaro	866
Tlaxcala	741
Morelos	720
Chihuahua	634
Zacatecas	527
Nuevo León	398

1/ Incluye las descargas en puertos extranjeros.

fuentes: Anuario Estadístico de Pesca 1985 (1)

CUADRO 5

Volumen de la captura, según destino, 1985  
(toneladas)

<u>Destino</u>	<u>Volumen</u>
Total	1,255,888
Consumo humano directo	836,728
Consumo humano indirecto	378,875
Uso industrial	40,285

fuentes: Anuario Estadístico de Pesca 1985 (1)

Por tales razones, en los últimos años la industria reductora se ha expandido demasiado; tanto que en 1985, esta industria procesó el doble de materia prima que la procesada en conjunto la industria congeladora y la industria enlatadora, cuadro 6. (1 y 2)

CUADRO 6

Operación de la Industria Pesquera

Industria	Plantas existentes número	cap. inst. Ton/ hora	Plantas en operación número	cap. inst. Ton / hora	Materia prima procesada 1/	Producción obtenida 2/
<u>Total</u>	<u>485</u>	<u>1,034.9</u>	<u>363</u>	<u>883.1</u>	<u>703,245</u>	<u>253,397</u>
Congeladora	314	153.2	223	127.9	155,884	102,713
Enlatadora	46	279.3	42	269.0	139,421	60,750
Reductora	80	602.4	53	486.2	402,486 a/	88,199
Otros procesos	45	N.D.	45	N.D.	5,454	1,735

1/ Toneladas en peso desembarcado

2/ Toneladas en peso neto

N.D. No disponible

a/ Incluye 58,603 ton. de desperdicios provenientes del congelado y el enlatado.

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1985 (1)

## CUADRO 7

Disponibilidad de productos pesqueros según su  
presentación, 1985  
(toneladas)

<u>Presentación</u>	<u>Volumen</u>
Total	618,642
Fresco	398,037
Congelado	61,687
Enlatado	61,622
Harina y aceite de pescado	92,540
Seco-Salado	973
Otros procesos	3,783

fuentes: Anuario Estadístico de Pesca 1985(1)

### Importancia Nutricional del Pescado

En las dietas tanto humana como de animales no rumiantes, donde el 80 a 90% de la energía es derivada de vegetales y de granos de cereales, la ocurrencia de enfermedades nutricionales es mucho mayor que en aquellas dietas que contienen grandes cantidades de productos animales. Por tanto, un aumento en la fabricación de productos para la alimentación animal, puede contribuir bastante a mejorar el estado nutricional del hombre en muchas partes del mundo.

El pescado, la harina de pescado y otros productos animales, son de especial interés en la complementación de alimentos vegetales y de cereales, debido a su contenido proteico de alto valor biológico, es decir, la proteína de estos alimentos, contienen todos los aminoácidos esenciales (treonina, valina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, triptófano, histidina, tirosina y arginina) y sobre todo se encuentran en una proporción adecuada, según lo muestra el cuadro 8.

El pescado se compone básicamente de proteína, aceite o grasa y agua, el contenido de carbohidratos se considera despreciable (5).

La proteína del pescado se encuentra en promedio en un 13 a 22%, esta cantidad es variable según la edad, clima y condiciones de captura. Estas proteínas se asemejan a las proteínas de la carne de bovino y contienen los aminoácidos en proporciones similares. Cabe mencionar que el pescado es rico en lisina y en metionina, es por esta razón que es muy apreciado en la complementación de alimentos para animales.

## CUADRO 8

Composición de aminoácidos de diferentes alimentos  
mg de aminoácido por g de nitrógeno

	huevo	leche	carne	pescado
Arginina	400	230	410	360
Cistina	130	50	80	70
Histidina	160	170	200	130
Isoleucina	360	390	320	320
Leucina	560	620	490	470
Lisina	420	490	510	560
Metionina	190	150	150	180
Fenilalanina	330	320	260	230
Treonina	330	290	280	280
Triptófano	110	90	80	60
Tirosina	270	350	210	190
Valina	450	440	330	330

Fuente: B.C. Guha ( 3 )

Por otra parte, el contenido de grasa del pescado 1.5 a 30%, aumenta su valor como alimento. El aceite de pescado tiene una proporción más elevada de ácidos grasos no saturados en comparación con otras grasas animales, por lo cual es recomendado en ciertas dietas para mantener bajo el colesterol en la sangre. También es rico en vitaminas liposolubles como la A y D (3,4,5).

Además de proteína y grasa el pescado proporciona, como se muestra en el cuadro 9, abundante cantidad de minerales críticos como P, Cu, Mn, I, Fe y una proporción regular de vitaminas del grupo B.

El consumo de pescado o de productos pesqueros en la dieta humana, se encuentra limitado por la disponibilidad de estos productos y por el gusto o preferencia del consumidor por los mismos. En cambio, en las dietas animales el consumo de productos pesqueros se encuentra limitado por varios factores que son: la disponibilidad de los productos pesqueros (en sí la harina de pescado), la competitividad de otros productos destinados para la alimentación animal y por último dependerá del nivel de aceite de pescado que puede ser proporcionado en la dieta, sin que éste imparta olores o sabores a la carne de los animales alimentados con estas dietas. El nivel máximo de harina de pescado para aves es del 10% y de 8-10% en alimentos para cerdos - arriba de 150 lbs (6).

CUADRO 9

Nutrientes contenidos en 100 g de filete o en 300 g de pescado entero

Nutrientes	Peces	Peces	Minerales	Peces	Peces
	grasos	magros		grasos	magros
Proteína	30 - 45 g	30 - 45 g	Na		250-2000 mg
Grasa	30 - 66 g		K		940-1020 mg
Calorías	435 - 795	125 - 195	Ca	Hasta 60 mg	50-60 mg
Vit. A	3900-7500 UI	30 - 150 UI	Mg		65-85 mg
Vit. B <sub>1</sub>	0.15-0.40 mg	0.20-0.30 mg	Mn		0.03-0.05 mg
Vit. B <sub>2</sub>	0.20-0.80 mg	0.20-0.50 mg	Fe	3.0-3.5 mg	2.5-3.0 mg
Niacina	4.5-13.5 mg	2.5 - 2.9 mg	Cu		0.5-0.7 mg
Vit. C		hasta 6 mg	P	630-660 mg	560-640 mg
Vit. D	4500-14000 UI	vestigios	S		660-720 mg
			Cl		260-3200 mg
			I		0.3-1.5 mg

Fuente: Bertulo (12)

## Métodos de Conservación del Pescado

El pescado y los demás productos alimenticios procedentes del mar pueden alterarse por autólisis, oxidación y actividad bacteriana.

La mayor parte de los pescados son susceptibles al deterioro; porque la autólisis o acción de las enzimas que contienen, es más rápida y porque su reacción menos ácida favorece el desarrollo bacteriano. La alteración de los pescados no comienza hasta pasado el rigor mortis, cuando las fibras musculares comienzan a liberar su jugo; cuanto más se retrase este momento, tanto más largo será el período de conservación del pescado.

El pH del pescado tiene una gran influencia no solo por su efecto sobre el rigor mortis, sino también por su efecto sobre el desarrollo bacteriano (7).

Hay una gran variedad de métodos para preservar el pescado tales como: salado, ahumado, congelado, refrigerado, fermentado, secado y combinaciones de estos métodos. El método utilizado dependerá básicamente de los recursos disponibles y los hábitos alimenticios de las diferentes regiones (8,9,10,11).

### Salado

Este método consiste en adicionar sal al pescado, como conservador. Son dos tipos de salazón conocidos: la seca y la húmeda. La salazón seca se utiliza con las especies magras y la salazón húmeda es utilizada con las especies grasas.

Dentro de los métodos más utilizados tenemos: salado en pila, salado en licor y salado en salmuera. Lograr una

buena preservación depende en gran parte, cualquiera que sea el método utilizado; del tiempo que tome la sal en lo profundo del músculo, en alcanzar una concentración mínima que inhiba la autólisis y el crecimiento microbiano.

#### Salado-Secado

El secado consiste en la extracción de agua de el producto desecado. En el caso del pescado salado, esta tecnología se desarrolla para mejorar la conservación, más allá de lo que se obtiene con la acción preservativa, bacteriostática e inhibidora de las enzimas que tiene el cloruro de sodio.

Existen dos métodos principales de secado el natural y el artificial.

#### Ahumado

El ahumado consiste en exponer el pescado fresco, con frecuencia ligeramente salado, a la acción del humo producido por la combustión lenta de trocitos de leña, viruta o aserrín de madera. Bajo la acción del calor desprendido por la combustión, el pescado se deseca y al mismo tiempo se impregna con los productos del humo, lo que le da una coloración particular y un olor agradable (12)

El ahumado se puede efectuar en frío o en caliente. Esto dependerá del tipo de producto que se desee obtener.

#### Ahumado-Salado

El ahumado se combina con la salazón para obtener una mejor preservación del producto.

El efecto del contenido de sal es conferir un sabor picante y mejorar la apariencia. En la actualidad el salado - por salmuera es el método más utilizado en los productos para ahumar.

### Refrigeración

El tratamiento por el frío permite conservar o estabilizar el pescado en el estado que se encuentra en el momento de la pesca o el desembarco hasta su consumo.

La acción del frío enlentece o suspende la actividad enzimática que provoca la autólisis de los tejidos y la acción de las bacterias que son la base de la descomposición de las materias nitrogenadas que llevan a la putrefacción.

### Congelación

Se define la congelación del pescado "Como un proceso durante el cual la temperatura inicial del producto se reduce a  $-8^{\circ}\text{C}$  y aún más baja por medio de la remoción del calor y con la mayor parte del agua interior del pescado - transformada en hielo".

Cuando el pescado es sometido a congelación se producen cambios sustanciales de orden físico, químico y biológico. En términos generales la mayor destrucción de los microorganismos durante la congelación se produce entre  $0$  y  $-5^{\circ}\text{C}$ , debido a la disminución de la calidad proteica que alcanza su máxima expresión a estas temperaturas.

De acuerdo con el tipo de transmisión de calor durante el proceso de congelación, los métodos pueden clasificarse de la siguiente manera: Congelación por Salmuera, - Congelación por Aire y Congelación por Contacto.

### Enlatado

La conserva enlatada es uno de los métodos más importantes de preservación de los alimentos. Cada variedad de pescado requiere un enlatado distinto en lo referido a su tecnología, a los efectos de conservar de la mejor manera posible su sabor natural y presentación.

Las operaciones previas al enlatado que debe recibir el pescado son: Clasificación, Lavado, Descongelación, Descamado, Limpieza, Trozamiento y Salado. Dependiendo de la variedad del pescado y el tipo de producto que se desea obtener, el tratamiento previo al enlatado de la materia prima, el calor proporcionado puede ser: Blanqueado, Hervido, Cocinado a vapor, Freído, Horneado, Ahumado y posteriormente su respectivo Enfriamiento.

### Hidrolizados y Concentrados Proteicos

Se definen los concentrados proteicos de pescado como - - "Los productos estables resultantes de cualquier pescado fresco y apto para consumo humano, en los cuales se ha concentrado la proteína en detrimento del agua, materia grasa, escamas y huesos".

Bertullo (1974) sostiene que en la actualidad la preocupación tecnológica, aún siguiendo los métodos clásicos, se basa en dos hechos fundamentales:

- a) La extracción de la materia grasa hasta un grado que el producto no se enrancie, y
- b) Manipulación de la proteína hasta un grado que no se dañe su valor biológico, es decir, evitar en lo posible la racemización de los aminoácidos esenciales, los

que al inactivarse por la acción de los agentes físicos o químicos pierden las propiedades para las cuales se pretende prepararlas.

En general, se acepta que los métodos de elaboración de los Concentrados Proteicos de Pescado (CPP) pueden dividirse en: físicos, químicos y biológicos.

Los métodos físicos se basan en la extracción del agua y lípidos de los sólidos del pescado por acción mecánica, ya sea por prensa mecánica o hidráulica, tanto sobre el pescado crudo molido o cocido.

Los métodos químicos básicamente la materia grasa y el agua se extraen en forma directa por solventes; en contra corriente o en extracción azeotrópica. Los solventes utilizados son: hexano, dicloruro de etileno, alcohol etílico, alcohol butírico, acetona, acetato de etilo y alcohol isopropílico.

Los métodos biológicos se dividen en: Utilización de enzimas comerciales como: papaína, tripsina, bromielina y - - otras; y la acción enzimática celular de microorganismos entre los que encontramos: Bacillus subtilis, Candida lipolytica, etc.

Los hidrolizados en mayor o menor grado son por lo general proteolizados complejos obtenidos por la salazón prolongada del pescado. La hidrólisis de la protefina del pescado llevada a cabo en presencia de sal toma un considerable espacio de tiempo que varía entre los amplios límites de 5 a 18 meses. La tecnología es simple, ya que sólo se necesitan depósitos para almacenar el pescado en-

tero íntimamente mezclado con sal en concentraciones variables del 20 al 30% peso a peso. La mezcla se prensa - por medio de pesas y luego de varios días, el primer licor es escurrido y vuelto a colocar en la parte superior de la masa total. El pescado se macera y más tarde se - escurre la porción proteica licuada. La pasta remanente es lixiviada varias veces para obtener distintas calidades de salsas. El contenido de nitrógeno total varía entre los 5 y 22 g/l.

### Ensilaje

El ensilaje de productos agrícolas ha sido una práctica - ganadera conocida en Europa desde hace siglos como una medida para la preservación de alimentos para animales durante el invierno.

El ensilado puede definirse según McCullough 1977 (13), - como "El alimento que resulta de la preservación anaeróbica de forrajes húmedos o residuos agrícolas por acidificación".

La acidificación puede llevarse a cabo mediante la aplicación directa de ácidos (14,15,16,17) o por la producción de los mismos durante la fermentación (18,19,20,21).

El ensilado de pescado se lleva a cabo en dos formas principalmente: por el método de adición de ácidos y por el método de fermentación.

El método de adición de ácidos es el método más utilizado industrialmente. El método consiste en adicionar al pescado molido, un porcentaje de ácido suficiente para que - la mezcla alcance un pH bajo (4.0-2.0) de tal forma que -

no haya descomposición bacteriana y se conserve adecuadamente el producto.

El porcentaje de ácido añadido dependerá del tipo de ácido empleado para tal efecto. El ácido puede ser mineral u orgánico. Los ácidos minerales más usados son: el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico. De éstos se requieren cantidades relativamente pequeñas, para acidificar la mezcla y tener el pH requerido, pero tienen como inconvenientes su alta corrosividad y que se requiere una neutralización de la mezcla antes de ser utilizada.

Los ácidos orgánicos más utilizados son: el ácido propiónico y el ácido fórmico. Aunque se requieren cantidades mayores que los ácidos minerales, tienen como ventaja que no necesitan neutralización antes de ser usado el ensilado y además no causan problemas de corrosión.

El método de conservación de pescado por fermentación ácido-láctica o ensilado microbiológico, depende básicamente de la producción de ácido láctico.

En estos ensilados, las bacterias ácido-lácticas fermentan los azúcares presentes a ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, esto tiene como resultado el decremento del pH y la conservación del producto (19,20,21).

El método consiste en adicionar al pescado molido (ya sea completo o partes de él), una cantidad de carbohidratos, debido a que la cantidad de éstos en el pescado es muy baja, en algunos casos dependiendo del tipo de carbohidratos se adiciona una fuente de enzimas amilolíticas y un porcentaje de un cultivo puro de bacterias lácticas. La

mezcla se coloca en condiciones de anaerobiosis y se almacena a temperatura ambiente y de preferencia en climas cálidos.

Las principales fuentes de carbohidratos, las cuales son utilizadas en un 10-18%, son: harinas de cereales y melazas. Cuando se utilizan harinas es necesario adicionar malta o "ragi" como fuente de enzimas amilolíticas, debido a que las bacterias ácido-lácticas son incapaces de producir las, y estas enzimas son necesarias para desdoblar el almidón de las harinas y hacerlo disponible para las bacterias.

Los carbohidratos adicionados además de actuar como fuente de energía para el crecimiento microbiano puede también actuar como fuente natural de lactobacilos.

De manera general, las bacterias productoras de ácido láctico son adicionadas en cultivos puros como iniciadores. Los microorganismos más empleados para tal efecto son: Lactobacillus plantarum, Streptococcus lactis, mezcla de Pediococcus cereviceae, Lactobacillus brevis y Lactobacillus plantarum.

Una fermentación ideal será aquella que presenta un mínimo de pérdidas de nutrientes.

Los principales factores que afectan el tipo de fermentación durante el ensilaje son: el contenido de humedad, la disponibilidad de glúcidos solubles en el agua, tipos de bacterias predominantes, velocidad de la fermentación y otros, los cuales dependerán de la naturaleza del material empleado.

A pesar de que las bases del ensilaje de pescado son correctas en términos generales, los estudios antes mencionados adolecen de varios defectos para poderlos llevar a nivel industrial a saber:

- 1) Utilización de bacterias lácticas puras.
- 2) Presentación de un producto terminado en el caso de estar molido de un aspecto desagradable de difícil manejo.
- 3) No se habla de la contaminación fúngica que normalmente se presenta en los ensilados.

En base a todo lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tiene como propósito principal conservar el pescado de bajo valor comercial mediante técnicas de ensilaje para ser utilizado como fuente de proteínas para la alimentación de monogástricos, que presente ventajas y competitividad industrial con la harina de pescado o la pasta de soya.

## M E T O D O L O G I A

Bajo la hipótesis de que el pescado fresco tiene un bajo contenido bacteriano y que esta contaminación natural es posible de ser desplazada por una contaminación adicional exprofeso para cambiar el curso normal de la putrefacción del pescado, se realizaron las siguientes experiencias:

### Diseño del proceso de conservación de pescado

En la figura 1 se presenta el proceso utilizado durante los experimentos realizados en el presente estudio.

Para preparar un Kg de pescado ensilado se requiere: 72% de pescado, 17% de paja y 11% de inóculo.

Se tomaron 3 ó 4 pescado (lisa) 720 g, sin cabeza y sin vísceras, se molieron en un molino para carne procurando hacer un molido homogéneo. Se adicionó la paja, 170 g, - la cual fue molida en un molino de martillos y posteriormente se tamizó; utilizando la paja que pasó la malla 16. El tamizado tuvo como finalidad tener un tamaño uniforme de paja y conferir al producto una mejor apariencia; la cantidad adicionada, se fijó de tal manera que el producto tenga una consistencia semisólida y facilite su manejo.

La mezcla ya homogénea de paja y pescado se colocó en un recipiente térmicamente resistente y se pasteurizó a 63°C por 30 min. Se dejó reposar hasta que la muestra alcanzó una temperatura de 35-40°C. En este momento se añadió el inóculo, 110 g, él consta de melaza y leche. Este porcentaje se estableció en un 11%, para evitar proporcionar -

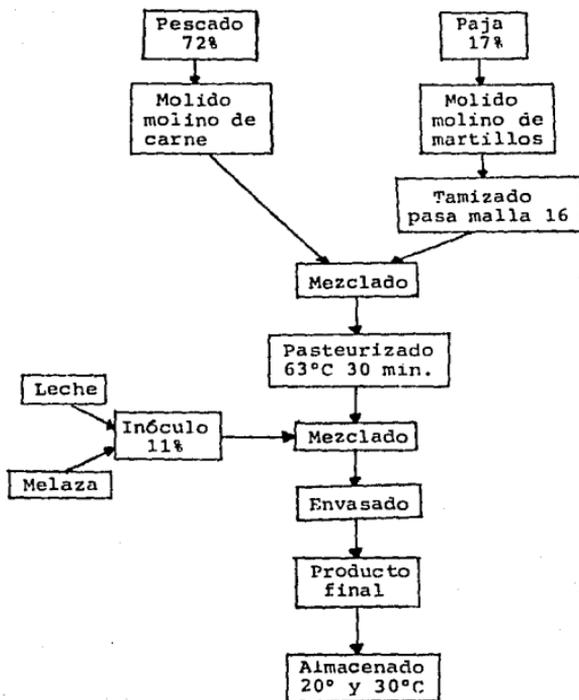
METODO EXPERIMENTAL

Figura 1.

humedad a la muestra, conservando así la consistencia semisólida del producto, pero proporcionando la cantidad suficiente de bacterias lácticas para lograr un buen proceso de fermentación y por tanto la conservación del pescado.

Ya homogenizada la muestra con el inóculo, se colocó en - frascos de vidrio de boca ancha, para facilitar su manejo, con tapón de hule y válvula bunsen.

Después de envasado, se almacenó a 20 y 30°C por un período de 30 días durante los cuales se sigue la fermentación mediante las pruebas control.

DISEÑO EXPERIMENTAL

EXPERIMENTO No. I

INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO  
EN EL SILO DEL PESCADO.

EXPERIMENTO No. II

INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONA-  
TO DE SODIO EN EL SILO DE PESCADO.

## Experimento No. I

Determinación de la Influencia de la Concentración del -  
Inóculo en el Silo de Pescado.

Este experimento tuvo como objetivo encontrar la concen--  
tración adecuada de microorganismos por ml de inóculo, pa  
ra una mejor y rápida acción del mismo en la fermentación  
del silo de pescado.

Las variables que se manejaron en este experimento fueron  
dos: el tiempo de incubación del inóculo y la temperatura  
de almacenamiento del silo de pescado.

### Preparación del inóculo

Teniendo fijo el 11% de inóculo para la preparación del -  
silo de pescado, se varió el tiempo de incubación de la -  
leche para el inóculo, con ésto se modificó la cantidad -  
de microorganismos presentes en el mismo. Para tal efec-  
to se tomaron 4 muestras de leche comercial pasteurizada  
de 18 g cada una, fueron colocadas en matraces erlenmeyer  
estériles y se dejaron incubando a temperatura ambiente.  
Se rotularon los matraces con 0, 16, 24 y 48 h de incuba-  
ción. Al término de la incubación se adicionaron 132 g -  
de melaza a cada uno de los matraces para tener los inócu  
los: A (0 h), B (16 h), C (24 h) y D (48 h) de incubación  
respectivamente.

Se preparón un Kg aproximadamente de pescado para cada -  
uno de los inóculos, A, B, C y D. Después de inoculadas  
las muestras se envasaron en 10 frascos de vidrio con vál  
vula bunsen, 5 frascos fueron colocados en una estufa a  
30°C y los otros 5 quedaron a temperatura ambiente (18-20°C).

CUADRO 10

EXPERIMENTO No. I

INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO EN EL SILO DE PESCADO

TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	PREPARACION DEL INOCULO (diferentes hrs de incubación)
----------------------------------	---

20°C

0  
16  
24  
48

30°C

0  
16  
24  
48

La razón de tener 5 frascos en las dos temperaturas es para tener una muestra para cada uno de los días de las determinaciones control, sin afectar las condiciones de anaerobiosis que se requieren en la fermentación del silo de pescado.

Las determinaciones que se hicieron a cada una de las muestras fueron: pH, acidez en % de ácido láctico, cuenta total de microorganismos, cuenta de Lactobacillus, cuenta de Enterobacterias; realizándolas cada tercer día hasta el día 10 de fermentación, a partir de ese día, se realizaron cada 5 días. También se realizó su análisis bromatológico que consistió en: proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda, humedad y cenizas, este análisis solo se hizo al inicio y al día 30 de fermentación.

#### Experimento No. II

Determinación de la Influencia de la Concentración de Propionato de Sodio en el Silo de Pescado.

El experimento tuvo como objetivo encontrar la cantidad mínima óptima de propionato de sodio, para eliminar el problema de crecimiento de hongos presentado en las muestras del experimento anterior. Se decidió utilizar propionato de sodio, ya que es un inhibidor de hongos que no afecta a las bacterias lácticas del inóculo.

El experimento se llevó a cabo en dos fases. La primera se trabajó con 0.05% y 0.1% de propionato de sodio y un control. En la segunda se trabajó con 0.8% y 1% de propionato de sodio y su control respectivo.

CUADRO 11

EXPERIMENTO No. II

INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO EN EL SILO DE PESCADO

TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO	TIEMPO DE INCUBACION DEL INOCULO ( Hrs )	% DE PROPIONATO DE SODIO EN EL SILO
20°C	24	0.00
		0.05
		0.10
		0.80
		1.00
30°C	24	0.00
		0.05
		0.10
		0.80
		1.00

Durante la preparación del inóculo se incorporó la cantidad necesaria de propionato de sodio para tener en los silos de pescado el 0.05%, 0.1%, 0.8% y 1% respectivamente. El propionato de sodio fue añadido al inóculo, debido a su solubilidad y para favorecer la distribución homogénea de éste en la muestra ya inoculada.

Se preparó una muestra de pescado, para cada uno de los porcentajes de propionato de sodio mencionado, utilizando un inóculo de 24 h de incubación en cada uno de ellos; tomando como base los resultados del experimento No. I.

Después de ser inoculadas y homogenizadas, las muestras se envasaron en frascos de vidrio con válvula bunsen y se almacenaron a 20 y 30°C durante 30 días.

Las determinaciones que se realizaron a las muestras, al igual que las del experimento anterior fueron: pH, acidez en % de ácido láctico, cuenta total de microorganismos, cuenta de Lactobacillus, cuenta de Enterobacterias, análisis bromatológico, así como cuenta de hongos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Experimento No. I

Influencia de la Concentración del Inóculo en el Silo de Pescado.

En el cuadro 12 se muestra la caracterización de los inóculos de diferentes horas de incubación empleados.

Las figuras 2, 3, 4 y 5 muestran los resultados obtenidos en este experimento.

Las gráficas de acidez en % de ácido láctico y de pH de las muestras A fig. 2, B fig 3, C fig. 4 y D fig. 5; aún conteniendo diferente fuerza de inóculo, es decir, microorganismos por gramo según lo muestra el cuadro 12, presentaron un comportamiento similar. Durante los primeros 5 a 10 días de fermentación se observaron los cambios más notables; la acidez aumentó de 0.5% a 3.5% de ácido láctico y el pH disminuyó de 6.5 a 4.0.

Los silos se consideraron estables a partir de los 15 días de fermentación, al término de los cuales se alcanzaron las siguientes condiciones: acidez del 4% de ácido láctico y el pH alrededor de 4; favoreciéndose el desarrollo de la fermentación en los silos mantenidos a 30°C que aquellos mantenidos a 20°C.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Stanton, W.R. (22), James, M.A. (19), Jan Raa (21) y otros autores; en sus estudios realizados sobre pescado ensilado. En sus

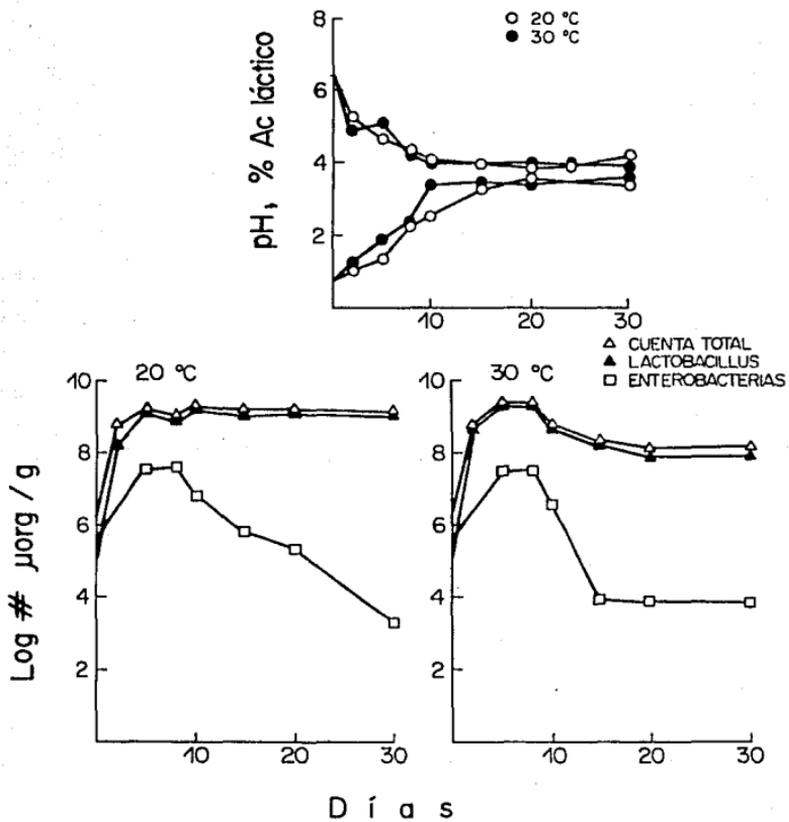
CUADRO 12. CUENTA MICROBIANA EN EL INOCULO A DIFERENTES  
TIEMPOS DE INCUBACION

Tiempo de incubación (h)	Cuenta total/g	Cuenta de <u>Lactobacillus</u> /g	pH
0	$20 \times 10^2$	$10 \times 10^2$	5.8
16	$20 \times 10^5$	$110 \times 10^4$	5.9
24	$26 \times 10^5$	$20 \times 10^5$	5.7
48	$24 \times 10^7$	$176 \times 10^6$	5.5

CUADRO 13. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO  
MUESTRA CON INOCULO A (0 hrs)

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		pH		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.72	0.72	6.5	6.5	150x10 <sup>4</sup>	150x10 <sup>4</sup>	163x10 <sup>3</sup>	163x10 <sup>3</sup>	310x10 <sup>3</sup>	310x10 <sup>3</sup>
2	1.01	1.28	5.2	4.9	69x10 <sup>7</sup>	38x10 <sup>7</sup>	171x10 <sup>6</sup>	51x10 <sup>7</sup>	39x10 <sup>6</sup>	43x10 <sup>6</sup>
5	1.35	1.89	4.7	5.1	186x10 <sup>7</sup>	238x10 <sup>7</sup>	20x10 <sup>8</sup>	220x10 <sup>7</sup>	36x10 <sup>6</sup>	31x10 <sup>6</sup>
8	2.25	2.29	4.4	4.25	115x10 <sup>7</sup>	228x10 <sup>7</sup>	80x10 <sup>7</sup>	191x10 <sup>7</sup>	43x10 <sup>6</sup>	35x10 <sup>6</sup>
10	2.54	3.44	4.1	4.0	203x10 <sup>7</sup>	65x10 <sup>7</sup>	194x10 <sup>7</sup>	57x10 <sup>7</sup>	67x10 <sup>5</sup>	36x10 <sup>5</sup>
15	3.33	3.42	4.0	4.0	154x10 <sup>7</sup>	23x10 <sup>7</sup>	102x10 <sup>7</sup>	19x10 <sup>7</sup>	65x10 <sup>4</sup>	87x10 <sup>2</sup>
20	3.6	3.42	3.9	4.0	154x10 <sup>7</sup>	149x10 <sup>6</sup>	142x10 <sup>7</sup>	79x10 <sup>6</sup>	230x10 <sup>3</sup>	78x10 <sup>2</sup>
30	3.4	3.6	4.2	3.9	140x10 <sup>7</sup>	152x10 <sup>6</sup>	136x10 <sup>7</sup>	80x10 <sup>6</sup>	25x10 <sup>2</sup>	72x10 <sup>1</sup>

FIGURA 2. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO MUESTRA CON INOCULO A (0 h)



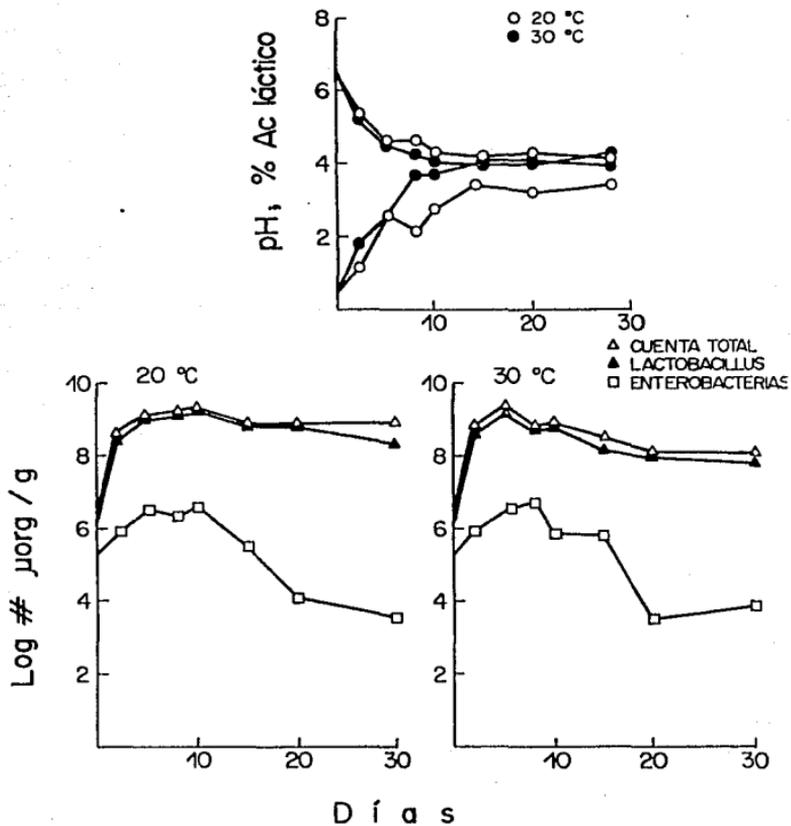
CUADRO 14. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO

MUESTRA CON INOCULO B (16 hrs)

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.56	0.56	6.5	6.5	$29 \times 10^5$	$29 \times 10^5$	$155 \times 10^4$	$155 \times 10^4$	$312 \times 10^3$	$312 \times 10^3$
2	1.19	1.80	5.4	5.3	$44 \times 10^7$	$61 \times 10^7$	$44 \times 10^7$	$40 \times 10^7$	$86 \times 10^4$	$79 \times 10^4$
5	2.61	2.58	4.6	4.5	$14 \times 10^8$	$24 \times 10^8$	$136 \times 10^7$	$140 \times 10^7$	$27 \times 10^5$	$36 \times 10^5$
8	2.16	3.75	4.6	4.3	$182 \times 10^7$	$67 \times 10^7$	$132 \times 10^7$	$59 \times 10^7$	$22 \times 10^5$	$52 \times 10^5$
10	2.74	3.73	4.3	4.1	$23 \times 10^8$	$80 \times 10^7$	$204 \times 10^7$	$71 \times 10^7$	$39 \times 10^5$	$52 \times 10^4$
15	3.42	4.05	4.25	4.0	$83 \times 10^7$	$29 \times 10^7$	$77 \times 10^7$	$149 \times 10^6$	$30 \times 10^4$	$66 \times 10^4$
20	3.24	4.5	4.4	4.0	$74 \times 10^7$	$118 \times 10^6$	$62 \times 10^7$	$93 \times 10^6$	$125 \times 10^2$	$32 \times 10^2$
30	3.4	4.0	4.2	4.3	$76 \times 10^7$	$110 \times 10^6$	$22 \times 10^7$	$66 \times 10^6$	$36 \times 10^2$	$76 \times 10^2$

FIGURA 3. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO MUESTRA CON INOCULO B (16 h)

.38

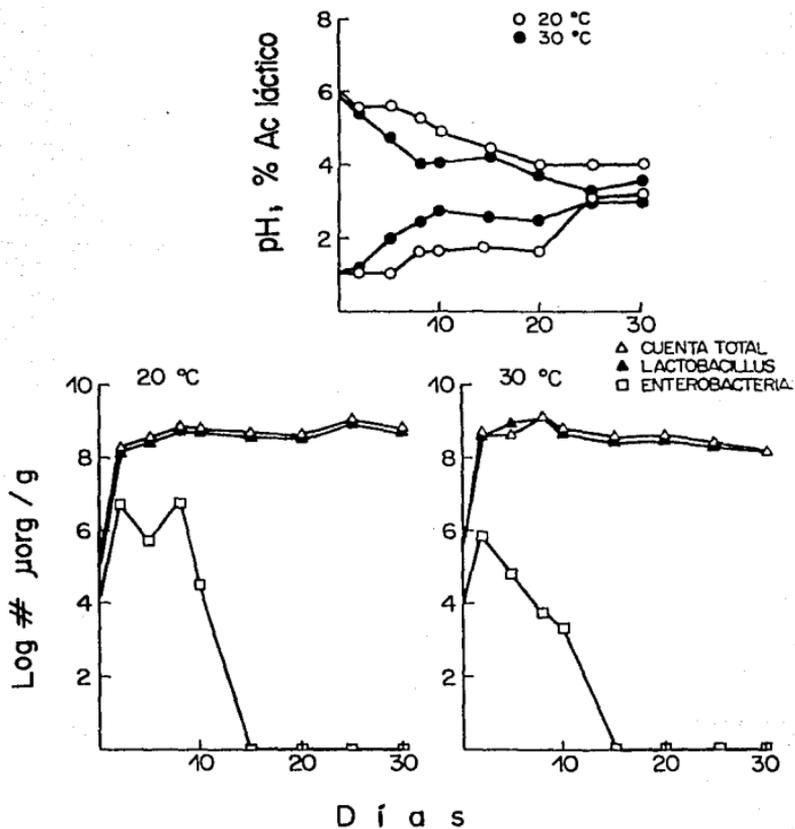


CUADRO 15. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE INOCULO

MUESTRA CON INOCULO C (24 hrs)

DIA	ACIDEZ		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	1.03	1.03	6.0	6.0	$34 \times 10^4$	$34 \times 10^4$	$22 \times 10^4$	$22 \times 10^4$	$112 \times 10^2$	$112 \times 10^2$
2	1.08	1.12	5.6	5.4	$184 \times 10^6$	$49 \times 10^7$	$163 \times 10^6$	$40 \times 10^7$	$60 \times 10^5$	$70 \times 10^4$
5	1.03	1.98	5.6	4.7	$34 \times 10^7$	$43 \times 10^7$	$29 \times 10^7$	$78 \times 10^7$	$52 \times 10^4$	$65 \times 10^3$
8	1.62	2.47	5.3	4.0	$74 \times 10^7$	$116 \times 10^7$	$70 \times 10^7$	$109 \times 10^7$	$57 \times 10^5$	$56 \times 10^2$
10	1.66	2.8	4.9	4.0	$50 \times 10^7$	$59 \times 10^7$	$51 \times 10^7$	$49 \times 10^7$	$31 \times 10^3$	$26 \times 10^3$
15	1.75	2.61	4.5	4.2	$42 \times 10^7$	$33 \times 10^7$	$38 \times 10^7$	$24 \times 10^7$	-	-
20	1.66	2.52	4.0	3.7	$43 \times 10^7$	$40 \times 10^7$	$34 \times 10^7$	$31 \times 10^7$	-	-
25	3.10	3.01	4.0	3.3	$107 \times 10^7$	$24 \times 10^7$	$94 \times 10^7$	$20 \times 10^7$	-	-
30	3.19	2.97	4.0	3.5	$63 \times 10^7$	$134 \times 10^6$	$53 \times 10^7$	$130 \times 10^6$	-	-

FIGURA 4. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO MUESTRA CON INOCULO C (24 h)

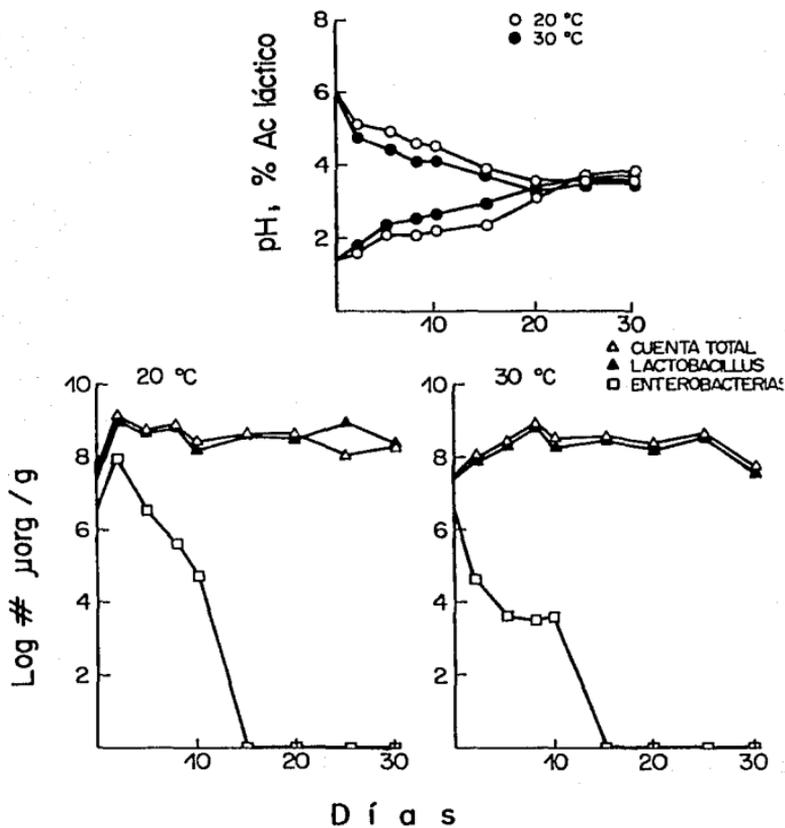


CUADRO 16. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO

MUESTRA CON INOCULO D (48 hrs)

DIA	ACIDEZ		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	1.39	1.39	6.0	6.0	$310 \times 10^8$	$310 \times 10^5$	$28 \times 10^6$	$28 \times 10^6$	$20 \times 10^5$	$20 \times 10^5$
2	2.58	1.8	5.15	4.75	$146 \times 10^7$	$98 \times 10^6$	$100 \times 10^7$	$79 \times 10^6$	$78 \times 10^6$	$43 \times 10^3$
5	2.07	2.34	4.9	4.4	$48 \times 10^7$	$25 \times 10^7$	$53 \times 10^7$	$20 \times 10^7$	$31 \times 10^5$	$35 \times 10^2$
8	2.07	2.52	4.6	4.1	$83 \times 10^7$	$80 \times 10^7$	$70 \times 10^7$	$78 \times 10^7$	$38 \times 10^4$	$32 \times 10^2$
10	2.16	2.7	4.55	4.1	$26 \times 10^7$	$31 \times 10^7$	$14 \times 10^7$	$17 \times 10^7$	$54 \times 10^3$	$43 \times 10^2$
15	2.34	2.97	3.9	3.7	$40 \times 10^7$	$33 \times 10^7$	$40 \times 10^7$	$30 \times 10^7$	-	-
20	3.1	3.42	3.55	3.25	$38 \times 10^7$	$20 \times 10^7$	$28 \times 10^7$	$15 \times 10^7$	-	-
25	3.69	4.05	3.6	3.5	$104 \times 10^7$	$43 \times 10^7$	$85 \times 10^7$	$40 \times 10^7$	-	-
30	3.78	4.05	3.6	3.5	$187 \times 10^6$	$50 \times 10^6$	$20 \times 10^7$	$36 \times 10^6$	-	-

FIGURA 5. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DEL INOCULO MUESTRA CON INOCULO D (48 h)



investigaciones utilizaron pescado, harina de cereales, una fuente de enzimas amilolíticas y un inóculo puro de bacterias lácticas. Ellos consideraron estable el ensilado cuando este alcanza un pH de 4 o más bajo.

Los estudios realizados por Stanton W.R. (22), demuestran que la temperatura es un factor importante en la fermentación del pescado. En su trabajo utilizó diferentes temperaturas, desde la temperatura de congelación, en la cual la fermentación es inhibida, hasta encontrar que la temperatura adecuada para el proceso oscila entre 29-37°C. Lo anterior concuerda con nuestros resultados, ya que en los silos mantenidos a 30°C la fermentación es más favorable que en los silos a 20°C.

James M.A. (19), realizó como prueba control, determinaciones de % de nitrógeno total del pescado ensilado durante 360 días de almacenamiento. Obteniendo que los cambios notables ocurren dentro de los primeros 14 días, y a partir de ese día los cambios son mínimos que se considera estable el pescado ensilado. De acuerdo con lo anterior, nuestros silos se consideraron estables a partir de los 15 días de fermentación, tomando como control las determinaciones de pH y % de ácido láctico, y proponiendo que el pescado ensilado se conservaría por varios meses o años, si se conservan las condiciones de anaerobiosis requeridas.

En las gráficas de las cuentas microbianas de las muestras A fig. 2, B fig. 3, C fig. 4 y D fig. 5, se presentó un rápido incremento de la carga microbiana, alcanzando su máximo a los 5 días de fermentación con una cuenta total promedio de  $30 \times 10^8$  microorganismos /g, predominando los

## ANALISIS BROMATOLOGICO DE LAS MUESTRAS DE ENSILADO DE PESCADO

CUADRO 17

MUESTRA	% HUMEDAD		% PROTEINA Base seca		% GRASA Base seca		% FIBRA Base seca		% CENIZAS Base seca		% CARBOHIDRATOS Base seca	
	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días
A 20°C	60.16	62.94	32.08	31.01	16.51	16.06	10.93	14.29	9.16	9.90	31.32	27.74
A 30°C	60.16	62.03	32.08	35.91	16.51	17.94	10.93	14.36	9.16	12.03	31.12	19.74
B 20°C	49.64	55.42	29.10	34.58	18.72	17.61	10.40	13.85	9.47	9.60	32.31	24.36
B 30°C	49.64	54.43	29.10	35.31	18.72	17.46	10.40	13.85	9.47	9.48	32.31	23.9
C 20°C	50.20	54.90	33.48	43.30	11.70	10.71	11.44	15.06	8.13	10.29	32.29	20.64
C 30°C	50.20	55.24	33.48	40.21	11.70	12.81	11.44	14.80	8.13	11.44	32.29	20.74
D 20°C	52.99	54.96	33.28	36.59	12.08	11.69	13.82	14.81	9.72	9.50	31.1	30.41
D 30°C	52.99	58.37	33.28	40.12	12.08	13.66	13.82	13.95	9.72	10.40	31.11	21.67
C <sub>1</sub> 20°C	57.24	62.12	38.65	36.05	6.01	7.27	14.92	15.52	11.19	11.90	27.21	29.26
C <sub>1</sub> 30°C	57.24	57.53	38.65	37.26	6.01	6.41	14.92	15.75	11.19	11.60	27.21	28.94

## ANALISIS BROMATOLOGICO DE LAS MUESTRAS DE ENSILADO DE PESCADO

CUADRO 18

MUESTRA	% HUMEDAD		% PROTEINA Base seca		% GRASA Base seca		% FIBRA Base seca		% CENIZAS Base seca		% CARBOHIDRATOS Base seca	
	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días	0 días	30 días
C <sub>2</sub> 20°C	58.64	59.12	38.33	38.24	6.67	7.07	14.92	15.52	13.27	11.73	26.81	27.44
C <sub>2</sub> 30°C	58.64	57.54	38.3	37.96	6.67	6.98	14.92	15.75	13.27	11.35	26.81	27.96
C <sub>3</sub> 20°C	56.91	57.84	39.31	38.50	6.29	6.93	17.12	15.35	9.95	12.12	27.33	27.1
C <sub>3</sub> 30°C	56.91	57.50	39.31	34.48	6.29	6.86	17.12	15.30	9.95	11.41	27.33	31.95
C <sub>4</sub> 20°C	57.37	59.98	39.62	39.12	5.70	5.85	16.63	16.63	11.42	10.97	26.63	27.43
C <sub>4</sub> 30°C	57.37	59.08	39.62	39.36	5.70	5.59	16.63	15.98	11.42	11.00	26.63	28.07
C <sub>5</sub> 20°C	55.74	58.79	38.21	37.49	6.49	6.72	17.36	17.32	14.68	12.06	23.26	26.41
C <sub>5</sub> 30°C	55.74	57.87	38.21	36.34	6.49	6.71	17.36	15.48	14.68	13.57	23.26	27.9
C <sub>6</sub> 20°C	56.91	58.53	37.64	36.97	7.86	7.86	16.81	16.65	12.48	12.10	25.21	26.42
C <sub>6</sub> 30°C	56.91	57.34	37.64	35.35	7.86	7.12	16.81	16.43	12.48	13.97	25.21	27.13

Lactobacillus. Después de este día conforme transcurre la fermentación, la cuenta de Enterobacterias tiende a disminuir. En los silos A y B no se alcanzan a inhibir por completo al término de 30 días, pero si son disminuidas a cuentas de  $10^2$ . En los silos C y D los cuales contienen al inicio mayor fuerza de inóculo, a los 15 días de fermentación las Enterobacterias son inhibidas completamente. Observándose aquí más claramente la influencia de la concentración o fuerza del inóculo en el silo de pescado que en las gráficas de acidez y pH.

Estudios realizados por Jan Raa y otros investigadores (21,22) demuestran que el pescado conservado por fermentación tiene una calidad higiénica aceptable, ya que los coliformes, enterobacterias, bacterias de la tifoidea, Staphylococcus coagulasa positiva e incluso las esporas de Clostridium Botulinium son destruidas por este método. Lo anterior apoya nuestros resultados obtenidos en los silos C y D sobre la destrucción de las enterobacterias.

Los resultados de los análisis bromatológicos se muestran en los cuadros 17 y 18, observándose que las determinaciones de las muestras al inicio y al final de la fermentación son similares. Se tiene un rango de 33-39% de proteína, 6-12% de grasa, 9-12% de cenizas, 11-16% de fibra cruda y 25-38% de carbohidratos en base seca. Los valores altos de cenizas indican la riqueza en minerales ya que el pescado fué utilizado con todo y huesos.

Estudios realizados por Jan Raa (21), Tatterson I.N. (18) y otros autores reportan que el valor nutritivo del ensilado de pescado es alto, solo ligeramente más bajo que la harina de pescado, pero se considera una excelente fuente de proteínas en la alimentación de cerdos y aves de corral.

## Experimento No. II

### Influencia de la Concentración de Propionato de Sodio en el Silo de Pescado.

Las figuras 6, 7, 8, 9, 10 y 11 muestran los resultados - de las pruebas control determinadas para evaluar la influencia de la concentración de propionato de sodio en el silo de pescado.

En las gráficas de acidez y pH se presentó un comportamiento similar al experimento No. I. En éste se alcanzó su estabilidad con unas condiciones de 3.5-4% de ácido láctico y el pH 4.5-4.0. En estas muestras se observó una tendencia de mantener el pH arriba de 4, esto lo atribuimos al propionato de sodio el cual tal vez establezca un efecto buffer en la muestra.

En las gráficas de las cuentas microbianas de las muestras con 0.05 y 0.1% de propionato de sodio se observó que a 20°C no se inhibe el crecimiento de hongos y en cambio en la muestra a 30°C en los primeros 15 días de fermentación los hongos son inhibidos pero vuelven a aparecer. Sin embargo en las muestras con 0.8 y 1% de propionato de sodio a 20°C sólo a partir de los 10 de fermentación hay eliminación de los hongos y en cambio en las muestras a 30°C - la eliminación de los hongos se presentó desde el inicio de la fermentación. Con esto podemos decir que el efecto del propionato de sodio se ve favorecido a 30°C.

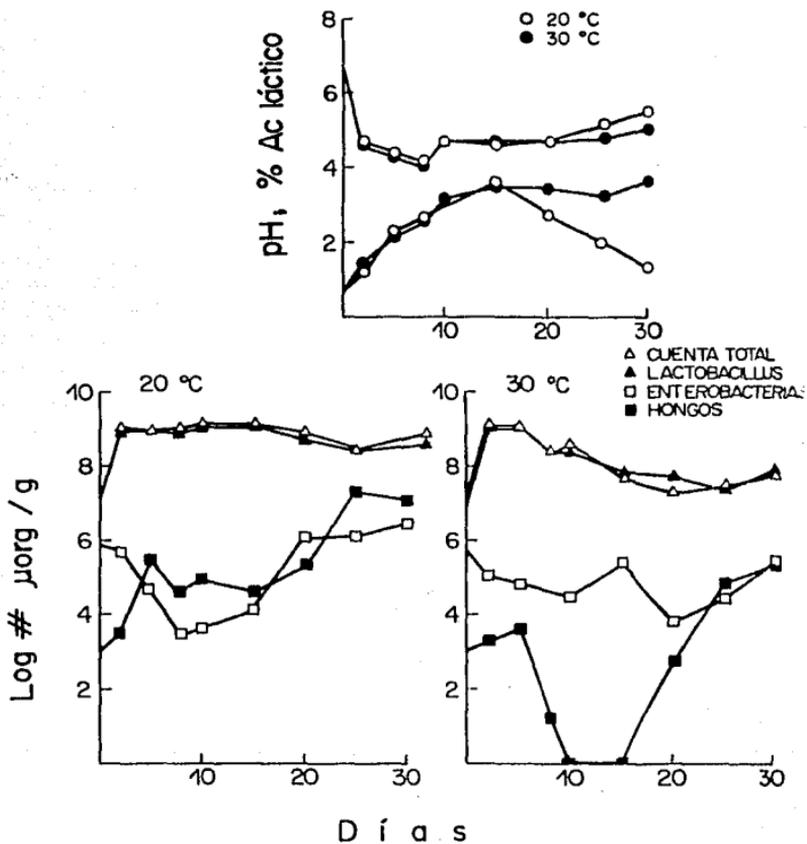
En lo que respecta a los otros microorganismos de estas gráficas, se tiene que predominan los Lactobacillus. Se alcanza la carga máxima microbiana a los 5 días de fermentación.

CUADRO 19. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO

MUESTRA CON INOCULO C<sub>1</sub> 0.05 % PROPIONATO DE SODIO

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS		HONGOS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.72	0.72	6.7	6.7	151x10 <sup>5</sup>	151x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>5</sup>	92x10 <sup>5</sup>	65x10 <sup>4</sup>	65x10 <sup>4</sup>	11x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>2</sup>
2	1.23	1.39	4.7	4.65	90x10 <sup>7</sup>	128x10 <sup>7</sup>	89x10 <sup>7</sup>	123x10 <sup>7</sup>	53x10 <sup>4</sup>	113x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>3</sup>
5	2.34	2.20	4.4	4.4	78x10 <sup>7</sup>	106x10 <sup>7</sup>	84x10 <sup>7</sup>	114x10 <sup>7</sup>	47x10 <sup>3</sup>	67x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>3</sup>
8	2.65	2.61	4.2	4.3	94x10 <sup>7</sup>	20x10 <sup>7</sup>	81x10 <sup>7</sup>	24x10 <sup>7</sup>	27x10 <sup>2</sup>	63x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>2</sup>
10	1.71	3.19	4.7	4.7	127x10 <sup>7</sup>	35x10 <sup>7</sup>	113x10 <sup>7</sup>	20x10 <sup>7</sup>	38x10 <sup>2</sup>	27x10 <sup>3</sup>	8x10 <sup>4</sup>	-
15	3.6	3.55	4.6	4.7	118x10 <sup>7</sup>	43x10 <sup>6</sup>	115x10 <sup>7</sup>	62x10 <sup>6</sup>	135x10 <sup>2</sup>	240x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>4</sup>	-
20	2.7	3.42	4.7	4.7	71x10 <sup>7</sup>	160x10 <sup>5</sup>	47x10 <sup>7</sup>	43x10 <sup>6</sup>	114x10 <sup>4</sup>	68x10 <sup>2</sup>	20x10 <sup>5</sup>	6x10 <sup>2</sup>
25	1.98	3.19	5.1	4.75	24x10 <sup>7</sup>	26x10 <sup>6</sup>	30x10 <sup>7</sup>	21x10 <sup>6</sup>	115x10 <sup>5</sup>	230x10 <sup>7</sup>	26x10 <sup>6</sup>	7x10 <sup>4</sup>
30	1.3	3.6	5.5	5.0	70x10 <sup>7</sup>	57x10 <sup>6</sup>	38x10 <sup>7</sup>	52x10 <sup>6</sup>	28x10 <sup>4</sup>	26x10 <sup>4</sup>	32x10 <sup>6</sup>	2x10 <sup>5</sup>

FIGURA 6. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO MUESTRA CON INOCULO  $C_1$  0.05% PROPIONATO DE SODIO

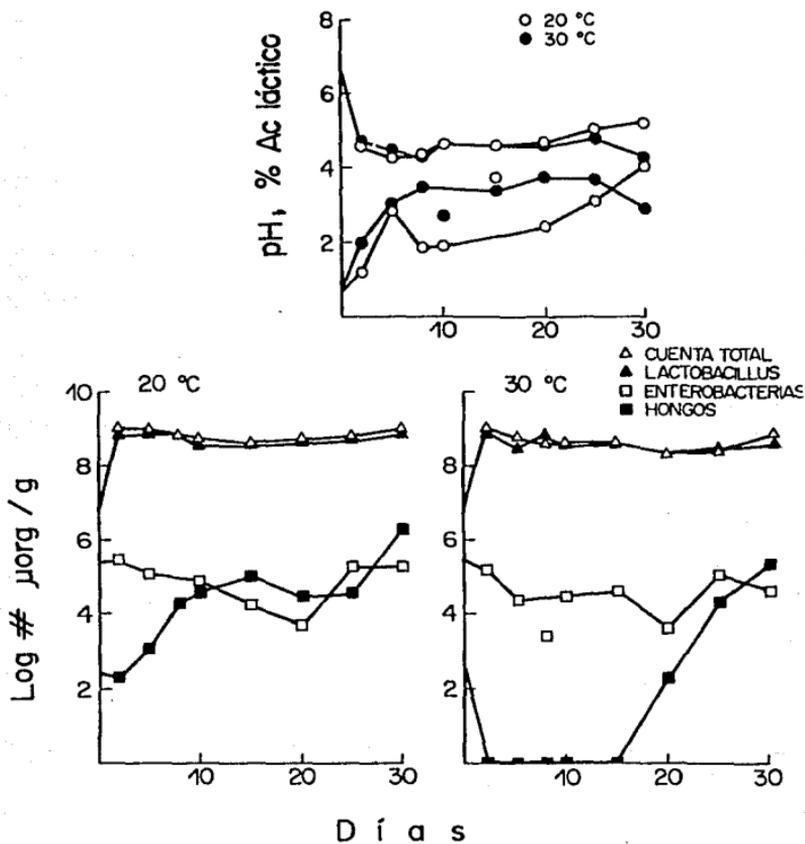


CUADRO 20. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO

MUESTRA CON INOCULO C<sub>2</sub> 0.1 % PROPIONATO DE SODIO

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS		HONGOS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.72	0.72	6.6	6.6	93x10 <sup>5</sup>	93x10 <sup>5</sup>	60x10 <sup>5</sup>	60x10 <sup>5</sup>	24x10 <sup>4</sup>	24x10 <sup>4</sup>	3x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>2</sup>
2	1.26	2.02	4.6	4.7	101x10 <sup>7</sup>	99x10 <sup>7</sup>	77x10 <sup>7</sup>	87x10 <sup>7</sup>	30x10 <sup>4</sup>	160x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>2</sup>	-
5	2.88	3.01	4.3	4.5	74x10 <sup>7</sup>	55x10 <sup>7</sup>	75x10 <sup>7</sup>	30x10 <sup>7</sup>	15x10 <sup>4</sup>	26x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>3</sup>	-
8	1.89	3.51	4.4	4.3	72x10 <sup>7</sup>	37x10 <sup>7</sup>	73x10 <sup>7</sup>	65x10 <sup>7</sup>	183x10 <sup>2</sup>	30x10 <sup>2</sup>	2x10 <sup>4</sup>	-
10	1.93	2.74	4.7	4.7	57x10 <sup>7</sup>	40x10 <sup>7</sup>	35x10 <sup>7</sup>	39x10 <sup>7</sup>	9x10 <sup>4</sup>	34x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>4</sup>	-
15	3.73	3.42	4.6	4.6	42x10 <sup>7</sup>	42x10 <sup>7</sup>	37x10 <sup>7</sup>	39x10 <sup>7</sup>	186x10 <sup>2</sup>	387x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>4</sup>	-
20	2.43	3.78	4.7	4.6	50x10 <sup>7</sup>	208x10 <sup>6</sup>	40x10 <sup>7</sup>	21x10 <sup>7</sup>	57x10 <sup>2</sup>	38x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>4</sup>	3x10 <sup>3</sup>
25	3.15	3.69	5.0	4.7	68x10 <sup>7</sup>	23x10 <sup>7</sup>	58x10 <sup>7</sup>	26x10 <sup>7</sup>	20x10 <sup>4</sup>	115x10 <sup>3</sup>	21x10 <sup>4</sup>	21x10 <sup>3</sup>
30	4.05	2.88	5.2	4.3	94x10 <sup>7</sup>	64x10 <sup>7</sup>	69x10 <sup>7</sup>	39x10 <sup>7</sup>	19x10 <sup>4</sup>	43x10 <sup>3</sup>	20x10 <sup>5</sup>	20x10 <sup>4</sup>

FIGURA 7. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO  
 MUESTRA CON INOCULO C<sub>2</sub> 0.1% PROPIONATO DE SODIO

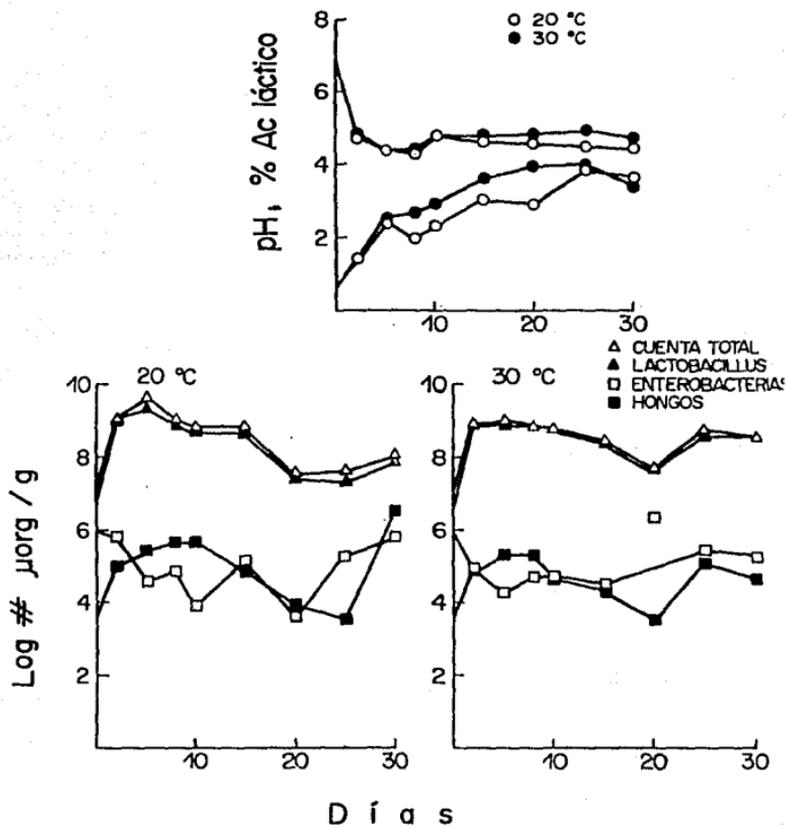


CUADRO 21. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO

MUESTRA CON INOCULO C<sub>3</sub> CONTROL SIN CONSERVADOR

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS		HONGOS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.54	0.54	6.7	6.7	132x10 <sup>5</sup>	132x10 <sup>5</sup>	42x10 <sup>5</sup>	42x10 <sup>5</sup>	78x10 <sup>4</sup>	78x10 <sup>4</sup>	3x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>3</sup>
2	1.39	1.39	4.7	4.8	112x10 <sup>7</sup>	89x10 <sup>7</sup>	113x10 <sup>7</sup>	79x10 <sup>7</sup>	64x10 <sup>4</sup>	85x10 <sup>3</sup>	9x10 <sup>4</sup>	7x10 <sup>4</sup>
5	2.38	2.65	4.4	4.4	19x10 <sup>8</sup>	85x10 <sup>7</sup>	19x10 <sup>8</sup>	72x10 <sup>7</sup>	35x10 <sup>3</sup>	24x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>
8	1.98	2.70	4.3	4.4	85x10 <sup>7</sup>	75x10 <sup>7</sup>	74x10 <sup>7</sup>	69x10 <sup>7</sup>	63x10 <sup>3</sup>	57x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>5</sup>
10	2.34	2.92	4.8	4.8	61x10 <sup>7</sup>	55x10 <sup>7</sup>	47x10 <sup>7</sup>	53x10 <sup>7</sup>	69x10 <sup>2</sup>	52x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>4</sup>
15	3.06	3.64	4.7	4.8	62x10 <sup>7</sup>	25x10 <sup>7</sup>	40x10 <sup>7</sup>	22x10 <sup>7</sup>	150x10 <sup>3</sup>	12x10 <sup>3</sup>	7x10 <sup>4</sup>	2x10 <sup>4</sup>
20	2.88	3.96	4.6	4.8	32x10 <sup>6</sup>	37x10 <sup>6</sup>	27x10 <sup>6</sup>	35x10 <sup>6</sup>	39x10 <sup>2</sup>	23x10 <sup>5</sup>	6x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>3</sup>
25	3.87	4.00	4.5	4.9	19x10 <sup>6</sup>	49x10 <sup>7</sup>	20x10 <sup>6</sup>	33x10 <sup>7</sup>	175x10 <sup>1</sup>	24x10 <sup>6</sup>	3x10 <sup>3</sup>	10x10 <sup>4</sup>
30	3.6	3.37	4.4	4.7	115x10 <sup>6</sup>	33x10 <sup>7</sup>	69x10 <sup>6</sup>	31x10 <sup>7</sup>	65x10 <sup>4</sup>	185x10 <sup>3</sup>	31x10 <sup>5</sup>	4x10 <sup>4</sup>

FIGURA 8. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO MUESTRA CON INOCULO C<sub>3</sub> CONTROL SIN CONSERVADOR



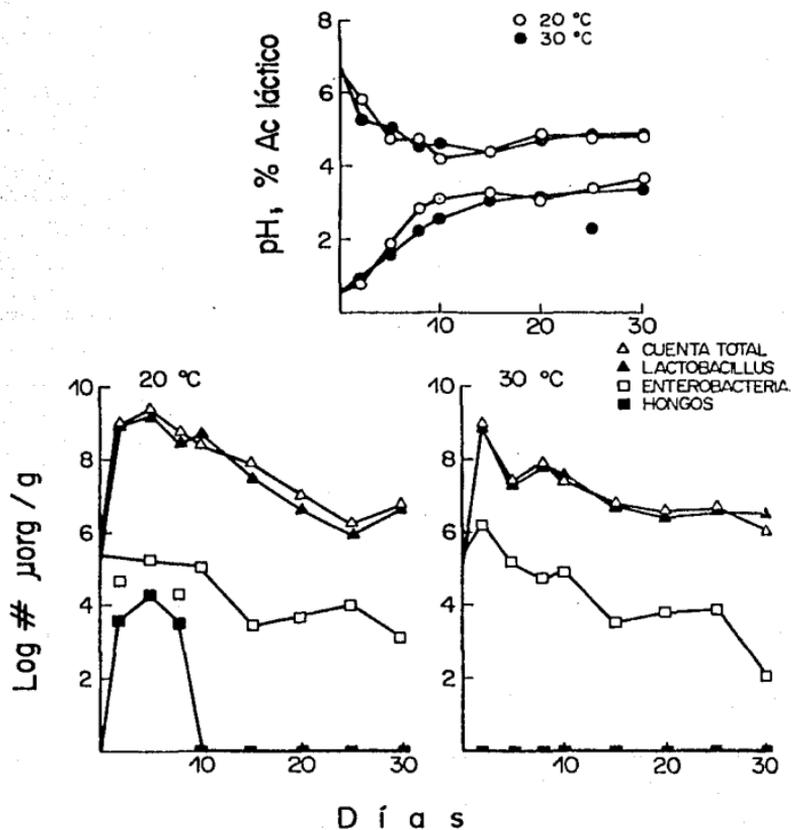
CUADRO 22. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO

MUESTRA CON INCCULO C<sub>4</sub> 0.8 % CONSERVADOR

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS		HONGOS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.54	0.54	6.6	6.6	39x10 <sup>4</sup>	39x10 <sup>4</sup>	16x10 <sup>4</sup>	16x10 <sup>4</sup>	20x10 <sup>4</sup>	20x10 <sup>4</sup>	-	-
2	0.85	0.94	5.8	5.4	89x10 <sup>7</sup>	99x10 <sup>7</sup>	85x10 <sup>7</sup>	80x10 <sup>7</sup>	45x10 <sup>3</sup>	165x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>3</sup>	-
5	1.93	1.57	4.8	5.1	24x10 <sup>8</sup>	27x10 <sup>6</sup>	15x10 <sup>8</sup>	24x10 <sup>6</sup>	180x10 <sup>3</sup>	165x10 <sup>3</sup>	2x10 <sup>4</sup>	-
8	2.88	2.25	4.7	4.55	60x10 <sup>7</sup>	75x10 <sup>6</sup>	30x10 <sup>7</sup>	66x10 <sup>6</sup>	186x10 <sup>2</sup>	60x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>3</sup>	-
10	3.15	2.61	4.2	4.6	54x10 <sup>7</sup>	34x10 <sup>6</sup>	25x10 <sup>7</sup>	25x10 <sup>6</sup>	110x10 <sup>3</sup>	85x10 <sup>3</sup>	-	-
15	3.33	3.06	4.4	4.4	78x10 <sup>6</sup>	63x10 <sup>5</sup>	32x10 <sup>6</sup>	49x10 <sup>5</sup>	28x10 <sup>2</sup>	36x10 <sup>2</sup>	-	-
20	3.10	3.15	4.9	4.8	98x10 <sup>5</sup>	39x10 <sup>5</sup>	37x10 <sup>5</sup>	27x10 <sup>5</sup>	49x10 <sup>2</sup>	63x10 <sup>2</sup>	-	-
25	3.37	2.34	4.8	4.8	176x10 <sup>4</sup>	54x10 <sup>5</sup>	89x10 <sup>4</sup>	39x10 <sup>5</sup>	118x10 <sup>2</sup>	75x10 <sup>2</sup>	-	-
30	3.69	3.37	4.8	4.7	62x10 <sup>5</sup>	38x10 <sup>5</sup>	60x10 <sup>5</sup>	29x10 <sup>5</sup>	15x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>2</sup>	-	-

FIGURA 9. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO MUESTRA CON INOCULO C<sub>4</sub> 0.8: DE PROPIONATO DE SODIO

.55

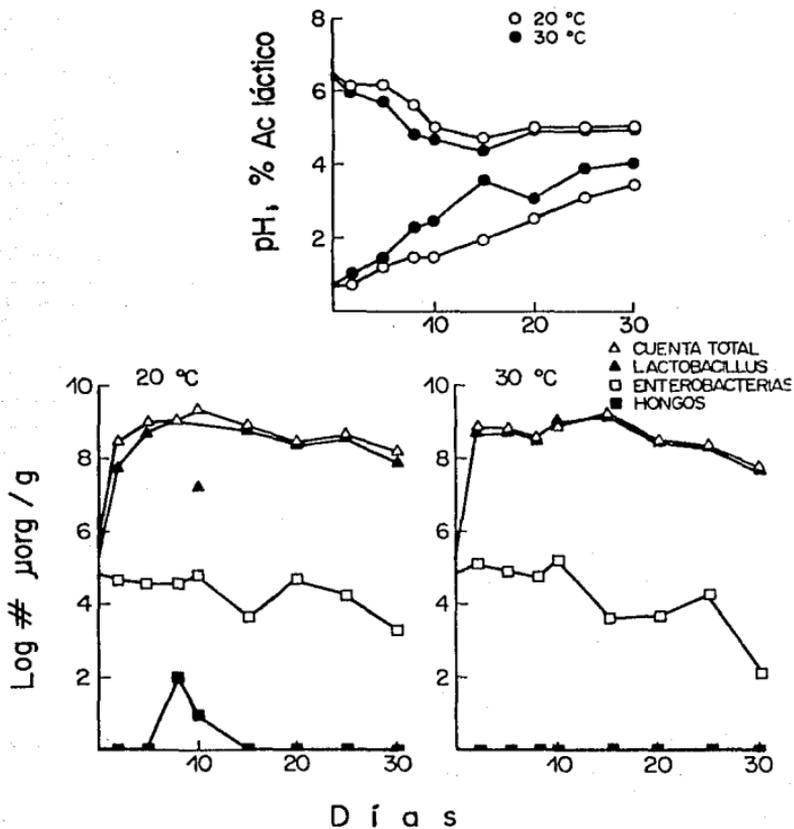


CUADRO 23. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO

MUESTRA CON INOCULO C<sub>5</sub> 1 % CONSERVADOR

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS		HONGOS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.67	0.67	6.5	6.0	50x10 <sup>4</sup>	50x10 <sup>4</sup>	15x10 <sup>4</sup>	15x10 <sup>4</sup>	75x10 <sup>3</sup>	75x10 <sup>3</sup>	-	-
2	0.76	1.08	6.2	5.7	30x10 <sup>7</sup>	75x10 <sup>7</sup>	52x10 <sup>6</sup>	50x10 <sup>7</sup>	48x10 <sup>3</sup>	128x10 <sup>3</sup>	-	-
5	1.26	1.48	6.2	4.8	87x10 <sup>7</sup>	62x10 <sup>7</sup>	51x10 <sup>7</sup>	47x10 <sup>7</sup>	40x10 <sup>3</sup>	75x10 <sup>3</sup>	-	-
8	1.48	2.29	5.6	4.7	125x10 <sup>7</sup>	39x10 <sup>7</sup>	118x10 <sup>7</sup>	38x10 <sup>7</sup>	40x10 <sup>3</sup>	60x10 <sup>3</sup>	11x10 <sup>1</sup>	-
10	1.44	2.47	5.0	4.4	20x10 <sup>8</sup>	75x10 <sup>7</sup>	150x10 <sup>5</sup>	137x10 <sup>7</sup>	68x10 <sup>3</sup>	168x10 <sup>3</sup>	1x10 <sup>1</sup>	-
15	1.98	3.6	4.7	4.9	83x10 <sup>7</sup>	155x10 <sup>7</sup>	59x10 <sup>7</sup>	16x10 <sup>8</sup>	46x10 <sup>2</sup>	36x10 <sup>2</sup>	-	-
20	2.52	3.0	5.0	4.9	25x10 <sup>7</sup>	28x10 <sup>7</sup>	26x10 <sup>7</sup>	26x10 <sup>7</sup>	50x10 <sup>3</sup>	46x10 <sup>2</sup>	-	-
25	2.56	3.87	5.0	4.9	46x10 <sup>7</sup>	27x10 <sup>7</sup>	43x10 <sup>7</sup>	22x10 <sup>7</sup>	190x10 <sup>2</sup>	149x10 <sup>2</sup>	-	-
30	3.42	4.0	5.0	4.9	132x10 <sup>6</sup>	45x10 <sup>6</sup>	77x10 <sup>6</sup>	49x10 <sup>6</sup>	20x10 <sup>2</sup>	1x10 <sup>2</sup>	-	-

FIGURA 10. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO  
MUESTRA CON INOCULO C<sub>5</sub> 14 CONSERVADOR

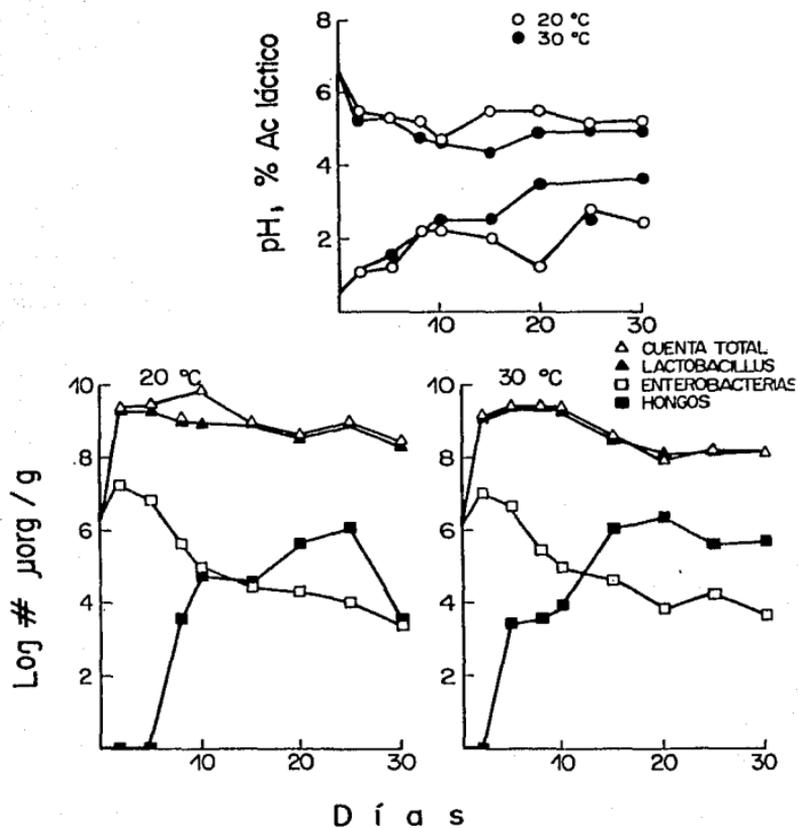


CUADRO 24. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO

MUESTRA CON INOCULO C<sub>6</sub> CONTROL SIN CONSERVADOR

DIA	ACIDEZ % Ac. Láctico		p H		CUENTA TOTAL		LACTOBACILLUS		ENTEROBACTERIAS		HONGOS	
	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C	20°C	30°C
0	0.54	0.58	6.6	6.6	38x10 <sup>5</sup>	38x10 <sup>5</sup>	23x10 <sup>5</sup>	23x10 <sup>5</sup>	20x10 <sup>5</sup>	20x10 <sup>5</sup>	-	-
2	1.17	1.17	5.5	5.3	23x10 <sup>8</sup>	147x10 <sup>7</sup>	21x10 <sup>8</sup>	143x10 <sup>7</sup>	183x10 <sup>5</sup>	123x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>2</sup>
5	1.21	1.62	5.3	5.3	30x10 <sup>8</sup>	29x10 <sup>8</sup>	19x10 <sup>8</sup>	28x10 <sup>8</sup>	70x10 <sup>5</sup>	48x10 <sup>5</sup>	2x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>4</sup>
8	2.25	2.20	5.2	4.8	112x10 <sup>7</sup>	28x10 <sup>8</sup>	90x10 <sup>7</sup>	29x10 <sup>8</sup>	46x10 <sup>4</sup>	32x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>3</sup>
10	2.25	2.56	4.7	4.6	76x10 <sup>8</sup>	26x10 <sup>8</sup>	87x10 <sup>7</sup>	21x10 <sup>8</sup>	95x10 <sup>3</sup>	110x10 <sup>3</sup>	3x10 <sup>4</sup>	9x10 <sup>3</sup>
15	2.02	2.56	5.5	4.4	89x10 <sup>7</sup>	37x10 <sup>7</sup>	78x10 <sup>7</sup>	33x10 <sup>7</sup>	30x10 <sup>3</sup>	49x10 <sup>3</sup>	4x10 <sup>4</sup>	12x10 <sup>5</sup>
20	1.26	3.51	5.5	5.0	46x10 <sup>7</sup>	24x10 <sup>7</sup>	37x10 <sup>7</sup>	84x10 <sup>6</sup>	22x10 <sup>3</sup>	78x10 <sup>2</sup>	5x10 <sup>5</sup>	24x10 <sup>5</sup>
25	2.79	2.52	5.1	5.0	98x10 <sup>7</sup>	27x10 <sup>7</sup>	95x10 <sup>7</sup>	15x10 <sup>7</sup>	110x10 <sup>2</sup>	199x10 <sup>2</sup>	11x10 <sup>5</sup>	45x10 <sup>4</sup>
30	2.43	3.64	5.2	4.9	27x10 <sup>7</sup>	15x10 <sup>7</sup>	20x10 <sup>7</sup>	112x10 <sup>6</sup>	25x10 <sup>3</sup>	53x10 <sup>2</sup>	3x10 <sup>3</sup>	5x10 <sup>5</sup>

FIGURA 11. INFLUENCIA DE LA CONCENTRACION DE PROPIONATO DE SODIO MUESTRA CON INOCULO  $C_6$  CONTROL SIN CONSERVADOR



## C O N C L U S I O N E S

Como conclusión fundamental de todo lo anterior tenemos que la conservación del pescado, bajo el proceso de ensilaje con inóculos mixtos de microorganismos es factible técnica y económicamente.

El pescado se conserva mediante la fermentación ácido-láctica con una concentración de inóculo de leche de  $2.6 \times 10^6 - 27 \times 10^8$  m.o./ml y un 0.8% de propionato de sodio como inhibidor de hongos. Esta conservación se ve favorecida a una mayor temperatura (30°C).

El valor nutritivo del pescado fermentado, reportado por el análisis bromatológico es alto y no se ve afectado durante la fermentación.

Debido a su alto valor nutritivo y al bajo costo de la conservación del pescado fermentado, en comparación con la harina de pescado, este producto tiene una gran posibilidad de ser utilizado en la alimentación de monogástricos.

En términos de la alimentación de monogástricos, el trabajo presenta una alternativa, especialmente para las zonas tropicales cuya deficiencia se presenta principalmente en fuentes de proteína de alta calidad y están ligadas al mar. Específicamente se complementa el ensilado de pescado con cultivos como la yuca, altos en energía y bajos en proteína.

**A N E X O I**

**DETERMINACIONES CONTROL**

### Determinación de pH (26)

#### Equipo y material necesario

- Potenciometro
- Vaso de precipitados de 250 ml
- Piceta con agua destilada

#### Procedimiento

Se toma 1 a 2 g de muestra, se coloca en un vaso de precipitados y se hace una disolución con agua destilada. El potenciometro se calibra previamente con soluciones amortiguadoras de pH conocido. Se introduce el electrodo y se toma directamente la lectura de pH.

### Determinación de Acidez (26)

#### Equipo y material necesario

- Bureta de 25 ml
- Matraz erlenmeyer de 50 ml
- Balanza granataria

#### Reactivos

- Solución de NaOH 0.1N
- Solución alcohólica de fenoftaleína 1%

#### Procedimiento

Se toma un gramo de muestra, se coloca en un matraz erlenmeyer y se agregan 20-30 ml de agua destilada, se mezclan y se le añaden 5 gotas de fenoftaleína y se titula con NaOH al 0.1N hasta la aparición de un color rosado que persista por 10-15 seg.

#### Cálculos

$$\% \text{ Acidez} = \frac{\text{ml(gastados)} \times 100 \times N (\text{NaOH})}{\text{g de muestra}}$$

$$\% \text{ de Acido láctico} = \frac{\text{ml gastados} \times \text{meq} \times N (\text{NaOH}) \times 100}{\text{g de muestra}}$$

## Determinación de las Cuentas Microbiológicas

### Equipo y material necesarios

Cajs petri estériles  
 Tubos de dilución con 9 ml de agua dest. estériles  
 Balanza  
 Mecheros  
 Autoclave y horno para esterilizar  
 Baño María con termostato  
 Cuartos o estufas de incubación a 29°C y 37°C.

### Medios de Cultivo

Agar para Métodos Estándar (Bioxon)	Cuenta total Bacteriana
Agar de Eosina y Azul de Metileno (Bioxon)	Cuenta de Enterobacterias
Agar Sabouraud (Bioxon)	Cuenta de Hongos
APT-Bouillon (Merck)	Cuenta de Lactobacilos

### Preparación de Medios de Cultivo

Para preparar un litro de cada uno de los medios anteriormente mencionados se pesan las siguientes cantidades:

Agar Estándar	23.5 g
Agar Eosina Azul de Metileno	36.0 g
APT- Bouillon	46.0 g
Agar Sabouraud	48.0 g

Se suspenden respectivamente en un litro de agua destilada, se agita para homogenizar la mezcla y se calienta hasta ebullición para lograr una completa disolución. Se esterilizan a 121°C, 15 lbs de presión

de vapor de agua por 15 min y posteriormente se enfrían a 45-43°C antes de usarlos.

#### Procedimiento

Primeramente se rotulan las cajas petri estériles con el día, muestra y microorganismo que se desea contar en la placa.

En el área estéril de trabajo, se pesa un gramo de muestra, procurando mantener las condiciones de esterilidad en el pesado, se coloca la muestra en un tubo de dilución estéril (9 ml de agua destilada) teniendo la dilución 1:10, se agita perfectamente. De esta dilución, con una pipeta estéril, se toma un ml y se coloca en otro tubo de dilución (1:100) y así sucesivamente se harán las diluciones que sean necesarias, siguiendo la misma secuencia.

De las diluciones correspondientes, se toma un ml y se coloca en una caja petri estéril, posteriormente se adicionan 12 a 15 ml de medio de cultivo previamente fundido y enfriado a 43°C. Se deja solidificar el medio y después se incuban las cajas a 29°C la cuenta total bacteriana, lactobacilos y hongos por 48 h y las enterobacterias se incuban a 37°C por 24 h. Al término de la incubación se leen las cajas con un cuenta-colonias y se reporta la cantidad de microorganismos desarrollados en las placas.

## Determinación de Humedad (26)

## Equipo y Material necesario

- Pesafiltro de aluminio
- Estufa de Secado
- Desecador de vidrio
- Balanza Analítica

## Procedimiento

Pesar de 2 a 3 g de muestra preparada en un pesafiltro de aluminio con tapa, que ha sido previamente pesado después de secarlo 2 h a  $130 \pm 3^\circ\text{C}$ . Secar la muestra 1 hora a la estufa a  $130 \pm 3^\circ\text{C}$  con la ventilación abierta. Retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente.

## Cálculos

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{A - B \times 100}{M}$$

A = Peso del pesafiltro más muestra

B = Peso del pesafiltro más muestra después de secar

M = Peso de la muestra

### Determinación de Cenizas (26)

#### Equipo y Material necesarios

- Cápsula o crisol de porcelana
- Mechero
- Mufla
- Estufa de Secado
- Desecador
- Balanza Analítica

#### Procedimiento

Pesar con precisión 5 g de muestra en la cápsula previamente pesada después de calcinarla 2 h a 600°C. Calcinarse la muestra, para ello carbonizar primero con mechero y meter a la mufla cuidando que la temperatura no pase de 550°C para evitar que los cloruros se volatilicen. Se suspende el calentamiento cuando las cenizas estén blancas o grises ( si se observan puntos negros, se humedecen con agua destilada, se secan en la estufa a 130°C y se vuelven a calcinar). Enfriar en desecador y pesar.

#### Cálculos

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Peso cap.} + \text{cenizas}) - (\text{Peso cap. vacía}) \times 100}{\text{Peso muestra}}$$

## Determinación de Proteína Cruda (26)

### Equipo y Material necesario

- Aparato de Digestión y Destilación Macrokjeldahl
- Matraces Kjeldahl 800 ml
- Matraces Erlenmeyer 500 ml
- Bureta de 50 ml
- Balanza Analítica

### Reactivos

Acido sulfúrico concentrado

Solución indicadora de rojo de metilo

Solución de HCl 0.1N

Solución de NaOH 0.1N

Solución concentrada de NaOH

Mezcla catalizadora (0.3 g  $\text{CuSO}_4$ , 5 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

Granalla de Zinc

### Procedimiento

Se pesan en balanza analítica 0.5 g de muestra en papel delgado blanco y con todo y papel se introducen en un matraz Kjeldahl de 800 ml; se agrega la mezcla catalizadora y 15 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y se añaden piedras de ebullición. Se coloca el matraz en posición inclinada mediante el soporte y pinzas, se calienta bajo la campana con mechero, primero lentamente hasta que cesen los humos blancos. Se coloca un embudo de

cola corta en la boca del matraz y se sigue calentando aumentando la llama del mechero hasta la total destrucción de la materia orgánica. La solución debe quedar completamente clara, enfriar y diluir con 350 ml de agua destilada y enfriar sobre hielo.

Añadir 40 ml de una solución concentrada de NaOH (100g en 100 ml de agua) que también ha sido enfriada sobre hielo, haciéndola resbalar lentamente por la pared del matraz de manera que se estratifiquen las dos soluciones. Adicionar 0.2 g de polvo o granalla de zinc y conectar inmediatamente el matraz a la alargadera de Kjeldahl unida al refrigerante, que a su vez está conectado a una alargadera la cual va introducida en 50 ml de HCl 0.1N, contenidos en un matraz erlenmeyer de 500 ml y adicionados de 5 gotas de indicador rojo de metilo. Las conexiones deben ser de hule para dar un ajuste perfecto y evitar las fugas. Una vez conectado el matraz, agitar para mezclar las dos capas e inmediatamente colocar en la parrilla ya caliente del aparato, regular la ebullición al inicio de ésta agitando de vez en vez. Destilar aproximadamente 250 ml. Suspender la destilación, retirando primero el matraz con el destilado de manera que la alargadera quede por encima y antes de apagar la parrilla dejar desti-nos minutos con el objeto de lavar la alargadera por dentro y después lavarla por fuera recogiendo los lavados en el mismo matraz.

Titular el exceso de ácido con solución valorada de NaOH 0.1N, hasta que vire amarillo del indicador. Corregir mediante una determinación en blanco de los reactivos usados empleando la misma cantidad de papel.

**Cálculos**

$$\% \text{ nitrógeno} = \frac{(\text{ml blanco} - \text{ml problema}) \times N \text{ NaOH} \times 0.014 \times 100}{\text{g muestra}}$$

$$\% \text{ proteína cruda} = \% \text{ de nitrógeno} \times 6.25$$

## Determinación de Grasa Cruda (26)

### Equipo y Material necesario

- Aparato de Soxhlet completo
- Cartucho de papel filtro
- Estufa de Secado
- Desecador
- Balanza Analítica

### Reactivos

Eter etílico

### Procedimiento

En esta determinación se usa un extractor Soxhlet que consta de tres partes: un extractor, un matraz y un refrigerante unidos por juntas esmeriladas. La muestra se pesa en un cartucho especial; se pesa primero el cartucho, después se coloca la muestra (2-5 g) dentro del mismo y se vuelve a pesar. Se coloca el cartucho en el extractor tomando la precaución de cerrar el otro extremo del cartucho, ya sea con asbesto o con papel filtro. Por otro lado el matraz con unas piedras porosas para regular la ebullición, se lleva a la estufa a 100°C durante 2 h, se enfría y se pesa. Se conecta el matraz al extractor y éste al refrigerante (no poner grasa en las juntas). Se agrega éter etí-

lico por el refrigerante en cantidad de dos cargas y se calienta el matraz con parrilla cerrada o con un foco. Generalmente son suficientes 8 horas para extraer toda la grasa; pero puede hacerse una prueba dejando caer las últimas gotas de la descarga sobre un vidrio de reloj o sobre un papel filtro, al evaporarse el éter no debe dejar residuo de grasa.

Se saca el cartucho con la muestra desengrasada y se guarda en un frasco, se sigue calentando hasta la casi total eliminación del éter, recuperándolo antes de que descargue. Se quita el matraz y se calienta bajo la campana hasta la total evaporación del éter. Secar el extracto a 100°C por 30 min, enfriar y pesar.

#### Cálculos

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{(\text{peso matraz} + \text{extracto}) - (\text{peso matraz vacío}) \times 100}{\text{g muestra}}$$

A N E X O   I I

FACTIBILIDAD INDUSTRIAL.

## FACTIBILIDAD INDUSTRIAL

Como parte complementaria del trabajo, se realizó el estudio de factibilidad económica.

Este estudio se hizo de acuerdo con las normas establecidas por el Banco Mundial y Naciones Unidas para la evaluación de proyectos, utilizando programas de computadora establecidos en el Centro de Innovación Tecnológica de la UNAM.

En la figura 12 se presenta el diagrama de bloques del proceso de acuerdo con los datos experimentales. En el cuadro 25 se desglosan las necesidades de maquinaria para la producción de ensilaje de pescado para una capacidad de 5 toneladas por turno. Toda la selección del equipo se realizó en base a experiencias previas o en base a pruebas directas con los proveedores de la maquinaria. La disposición de la maquinaria así como los espacios para producto almacenado y áreas de trabajo se muestra en la figura 13, siendo esta distribución la más adecuada para la fluidez del proceso.

En el cuadro 26 y 27 se presentan el capital de trabajo y las bases de su cálculo respectivamente y en el cuadro 28 se resume la inversión total requerida para la instalación de una planta con capacidad de 5 toneladas por turno. Las cotizaciones fueron obtenidas en forma directa con los proveedores, exceptuando la ingeniería y las instalaciones, las cuales fueron estimadas en base a la maquinaria.

En el cuadro 29 se presenta el detalle de amortizacio-

nes y depreciaciones para el proyecto, y los cuadros 30 y 31 presupuesto de egresos, así como el detalle de costos de operación de ellos, hay que destacar que el costo de producción del ensilado es de 55.56 dólares por tonelada.

En el cuadro 32 se presenta el estado de resultados proforma, considerando una producción de 3,960 toneladas por año (100% de capacidad instalada) y un precio de venta de 101.62 dólares la tonelada.

Por último en el cuadro 33 se presenta el estado de origen y la aplicación de los recursos con una tasa interna de retorno de 34.96%, y en el cuadro 34 un análisis comparativo de los precios del ensilado de pescado con la soya y la harina de pescado.

De todo lo anteriormente expuesto se concluye que la conservación de pescado mediante el ensilaje es plenamente competitiva en relación con la soya o la harina de pescado, tradicionalmente utilizadas en la alimentación de monogástricos, además de permitir su industrialización, rentable a pequeña escala y con bajos costos de operación, por la simplificación que el proceso propone para la conservación de este recurso.

DIAGRAMA DE BLOQUES

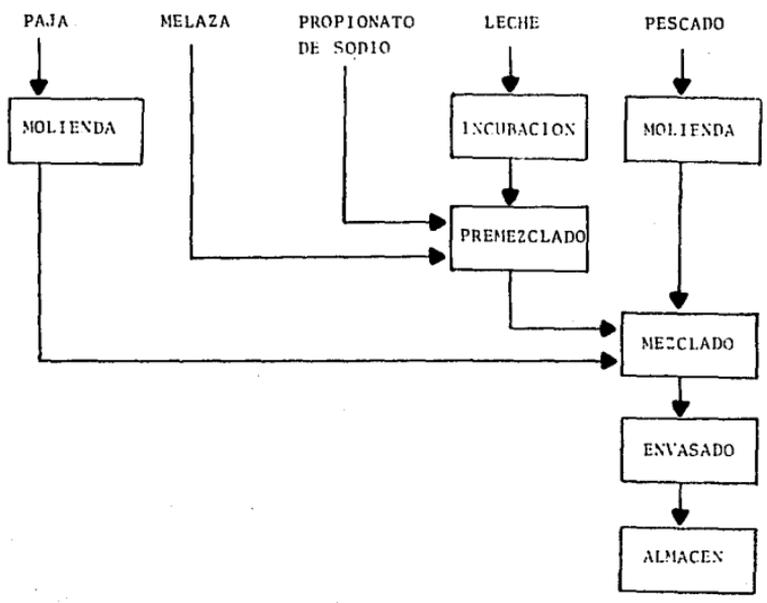
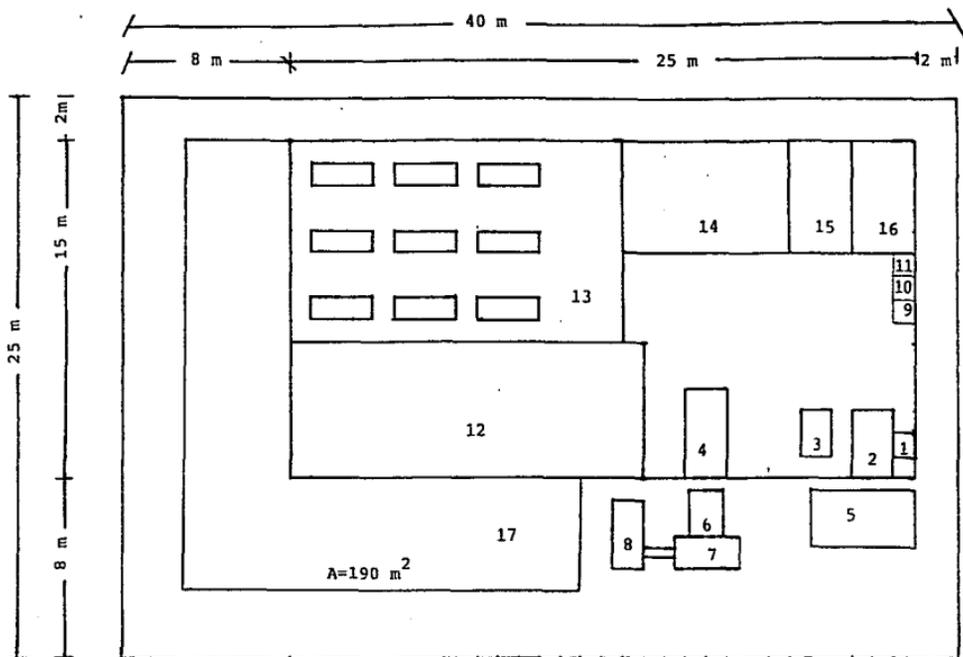


FIGURA 12.

FIGURA 13.



## DISPOSICION DE LA PLANTA

- 1 - - - - TOLVA DE RECEPCION DE PESCADO
- 2 - - - - BASCULA DE PESCADO
- 3 - - - - MOLINO DE PESCADO
- 4 - - - - MEZCLADORA
- 5 - - - - TANQUE DE MELAZA
- 6 - - - - TOLVA DE PAJA
- 7 - - - - CICLON
- 8 - - - - MOLINO DE PAJA
- 9, 10, 11, TANQUES DE INOCULO
- 12 - - - - ALMACEN DE INSUMOS
- 13 - - - - ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO
- 14 - - - - OFICINAS GENERALES
- 15 - - - - BAÑO
- 16 - - - - OFICINAS SECRETARIALES
- 17 - - - - ALMACEN DE PAJA

CUADRO 25  
MAQUINARIA, EQUIPO Y EMPAQUE

	M.N.	DOLARES
1 BASCULA 500 kg	550,000	372.62
1 TINA DE FIBRA DE VIDRIO	1'000,000	677.50
1 MOLINO P/PESCADO 30 HP	6'000,000	4,065.04
1 TANQUE P/MELAZA 20 m <sup>3</sup>	10'000,000	6,775.06
1 MEZCLADORA 20 HP	15'000,000	10,162.60
3 TANQUES DE 100 l	400,000	271.00
1 MOLINO P/PAJA 10 HP	4'500,000	3,048.78
1 TOLVA	400,000	271.00
1 CICLON	200,000	183.60
	=====	=====
	38'050,000	25,779.13
• EMPAQUE (2,200 TAMBORES DE CARTON)	5'500,000	3,726.28

CUADRO 26  
 CAPITAL DE TRABAJO REQUERIDO  
 PARA EL PROYECTO  
 (DOLARES)  
 SIN FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	INICIAL	AÑOS 1 A 10
1. CAJA Y BANCOS	5,081	5,081
2. INVENTARIOS	13,890	13,890
- PRODUCTO TERMINADO	10,163	10,163
- EMPAQUES	3,727	3,727
3. CUENTAS POR COBRAR	0	5,081
4. CUENTAS POR PAGAR	0	0
5. SUMA	18,971	24,052
<b>T O T A L</b>	<b>18,971</b>	<b>24,052</b>

CUADRO 27  
CAPITAL DE TRABAJO  
BASES DE CALCULO  
(DOLARES)

CONCEPTO	B A S E S	MONTO (AÑOS 1 A 10)
1. CAJA Y BANCOS	10 DIAS DE PRODUCCION A PRECIO DE VENTA	5,081
2. INVENTARIOS		13,890
A) PRODUCTO TERMINADO	20 DIAS DE PRODUCCION A PRECIO DE VENTA	10,163
B) EMPAQUES		3,727
3. CUENTAS POR COBRAR 1/	10 DIAS DE PRODUCCION A PRECIO DE VENTA	<u>5,081</u>
4. CUENTAS POR PAGAR		<u>0</u> 0 0 0 0

1/ NO SE CONSIDERAN PARA EL CAP. DE TRAB. INICIAL.

## CUADRO 28

INVERSION TOTAL REQUERIDA  
 PARA EL PROYECTO  
 (DOLARES)  
 SIN FINANCIAMIENTO

CONCEPTO	MONTO
1. INVERSION FIJA	61,056
-MAQUINARIA Y EQUIPO	25,779
-INSTALACIONES	5,156
-OTROS EQUIPOS	0
-EQUIPO DE TRANSPORTE	0
-MOBILIARIO Y EQUIPO	3,388
-OBRA CIVIL	22,866
-IMPREVISTOS*	3,867
2. INVERSION DIFERIDA (1)	6,979
-INGENIERIA BASICA	4,946
-PUESTA EN MARCHA	2,033
3. CAPITAL DE TRABAJO	24,052
-CAJA Y BANCOS	5,081
-INVENTARIOS	13,890
-CUENTAS POR COBRAR	5,081
<b>T O T A L</b>	<b>92,067</b>

(1) Considera gastos de instalación y montaje.

\* Equivalentes al 15% del costo de la maquinaria.

## CUADRO 29

DETALLE DE AMORTIZACIONES Y DEPRECIACIONES  
CONSIDERADAS PARA EL PROYECTO  
(DOLARES)

CONCEPTO	INVERSION	TASA (%)	AÑOS	MONTO
1. INVERSION FIJA	57,189			5,434
-MAQ. Y EQ. DE PROC.	25,779	12.5	8	3,222
-INSTALACIONES	5,156	12.5	8	644
-OTROS EQUIPOS	0	12.5	8	0
-EQ. DE TRANSPORTE	0	20	5	0
-MOBIL. Y EQ. OFNA.	3,388	12.5	8	424
-OBRA CIVIL	22,866	5	20	1,143
2. INVERSION DIFERIDA	6,979			698
-INGENIERIA BASICA	4,946	10	10	495
-PUESTA EN MARCHA	2,033	10	10	203



CUADRO 31  
COSTOS DE OPERACION

		MENSUAL (M.N.)	ANUAL (M.N.)	ANUAL (DLS)
1. MATERIA PRIMA		5,309,436	63,713,232	43,166
a) Pescado	\$30.00/Kg x 3600 Kg x 22 días	2,376,000		
b) Melaza	\$57.00/Kg x 484 Kg x 22	606,936		
c) Paja	\$25.00/Kg x 850 Kg x 22	467,500		
d) Leche	\$350.00/l x 70 l x 22	539,000		
e) Propionato	\$1,500.00/Kg x 40 Kg x 22	1,320,000		
2. EMPAQUE		935,000	11,220,000	7,602
a) Bolsas de Plástico (100)		770,000		
b) Reposición de Cuñetes (3%)		165,000		
3. MANO DE OBRA DIRECTA		1,650,000	19,800,000	13,415
a) 5 Obreros	\$150,000.00/Obrero	750,000		
b) 1 Responsable Prodn.	\$350,000.00	350,000		
c) 1 Gerente	\$550,000.00	550,000		
4. MANO DE OBRA INDIRECTA		350,000	4,200,000	2,846
5. MATERIALES INDIRECTOS		150,000	1,800,000	1,220
6. MANTENIMIENTO Y REPARACIONES		150,000	1,800,000	1,220
7. GASTOS DE VENTA		250,000	3,000,000	2,033
<b>TOTAL</b>		<b>8,794,436</b>	<b>105,533,232</b>	<b>71,499</b>

Tipo de Cambio \$1,690.00

CUADRO 32  
ESTADO DE RESULTADOS PROFORMA  
(DOLARES)

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. INGRESOS POR VENTAS 1/	134,146	134,146	134,146	134,146	134,146	134,146	134,146	134,146	134,146	134,146
2. COSTOS DE PRODUCCION	74,379	74,379	74,379	74,379	74,379	74,379	74,379	74,379	70,089	70,089
-COSTOS DIRECTOS	64,182	64,182	64,182	64,182	64,182	64,182	64,182	64,182	64,182	64,182
-COSTOS INDIRECTOS	10,197	10,197	10,197	10,197	10,197	10,197	10,197	10,197	5,906	5,906
3. UTILIDAD BRUTA	59,767	59,767	59,767	59,767	59,767	59,767	59,767	59,767	64,058	64,058
4. GASTOS ADMINISTRACION	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220
5. GASTOS DE VENTAS	2,033	2,033	2,033	2,033	2,033	2,033	2,033	2,033	2,033	2,033
6. GASTOS FINANCIEROS										
7. UTILIDAD DE OPERACION	56,515	56,515	56,515	56,515	56,515	56,515	56,515	56,515	60,806	60,806
8. I.S.R. Y R.U. 2/	29,388	29,388	29,388	29,388	29,388	29,388	29,388	29,388	31,619	31,619
9. UTILIDAD NETA	27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	29,187	29,187

1/ Se considera precio por tonelada de U.S. \$101.6

2/ Aplicando 10% para reparto de utilidades y 42% de impuestos.

## CUADRO 33

ESTADO PROFORMA DE ORIGEN Y APLICACION  
DE RECURSOS  
(DOLARES)

CONCEPTO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. ORIGEN DE LOS RECURSOS	92,087	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	31,028	70,380
- UTILIDAD NETA		27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	27,127	29,187	29,187
- DEPREC. Y AMORT.		6,132	6,132	6,132	6,132	6,132	6,132	6,132	6,132	1,841	1,841
- APORTAC. DE CAPITAL	92,087										
- FINANCIAMIENTO											
- VALOR DE RESCATE											15,300
- CAPITALIZACION DEL C.T.											24,052
2. APLICACION DE RECURSOS	92,087										
- INVERSION DE ACTIVOS FIJOS	61,056										
- GASTOS PREOPERATIVOS	6,979										
- INCREMENTOS AL CAP DE TRAB	24,052										
- AMORTIZACION DEL CREDITO											
3 FLUJO EFECTIVO	-92,087	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	33,259	31,028	70,380
4 FLUJO ACUMULADO	-92,087	-58,828	-25,569	7,690	40,949	74,208	107,467	140,725	173,984	205,012	275,392
5 FLUJO DESCONTADO	-92,087	24,643	18,260	13,529	10,025	7,428	5,504	4,078	3,022	2,089	3,510
6 FLUJO DESCONTADO ACUM.	-92,087	-67,444	-49,184	-35,655	-25,630	-18,202	-12,699	- 8,621	- 5,599	-3,510	0

T.I.R. 0.3496134986 = 34.96%

CUADRO 34  
ANALISIS COMPARATIVO DE NUTRIENTES Y PRECIOS

	% Prot. B.S.	% LISINA EN BASE DE PROTEINA	Kcal. x Kg. B.S.	PRECIO/Kg B.S.	PRECIO/g PROTEINA
SOYA	45%	3.2 %	3 800	390.50	0.86
PESCADO	60%	5.4 %	3 317	605.00	1.00
ENSILAJE DE PESCADO	40%	5.4 %	3 300	300.00	0.75

LOS PRECIOS SON COTIZADOS AL 1° DE SEPTIEMBRE DE 1987.

## B I B L I O G R A F I A

1. Anuario Estadístico de Pesca. Dirección General de Informática, Estadística y Documentación. Secretaría de Pesca. (1985).
2. Escenarios económicos de México. Perspectivas económicas para ramos seleccionados. Secretaría de Programación y Presupuesto (1985).
3. Guha, G.C. The role of fish in human nutrition. Fish in Nutrition. Edited by Heen Eirik and Krauzer Rudolf. Fishing News Books. Ltd. London (1962).
4. Carpenter, K.J. Fish in human and animal nutrition. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books. Ltd. Torry Research Station (1962).
5. Combs, G.F. The role of fish in animal feeding. Fish in Nutrition. Edited by Eirik and Krauzer Rudolf. Fishing News Books. Ltd. London (1962).
6. Avila, G.E. Fuentes de proteína para la alimentación de aves y cerdos. Inst. de Inv. Pecuarias. Alimentación Animal Aplicada. Año 2 Fasc. 6 (1981).
7. Frezier, W.C. Microbiología de los alimentos. 2a. Ed. Zaragoza: Ed. Acribia (1976).
8. Eddie, G.C. Past, present and future of fish handling methods. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books. Ltd. Torry Research Station (1979)
9. Hasen, P. Fish preservation methods. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books. Ltd. Torry Research Station (1979)
10. Maynard, A.S. Past, present and future methods of utilization. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books. Ltd. Torry Research Station (1979)

11. Ludorff, W.; Meyer, V. El pescado y los productos de la pesca. Ed. Acribia Zaragoza (1973).
12. Bertullo, V. Tecnología de los productos y subproductos de pescados, moluscos y pescados. Ed. Hemisferio Sur (1973).
13. Tejeda, H. I. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A.C. SARH. INIP. (1983).
14. Tatterson, I.; Pollit, S. and Wignall, J. Propionic acid as a preservative for industrial fish. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books Ltd. Torry Research Station (1979).
15. Disney, J.G.; Tatterson, I.N.; June Olley. Recent developments in fish silage. Proc. Conf. Handling, processing and Marketing of Tropical Fish, TPI, London (1977).
16. Wignall, J.; Tatterson, I. Fish silage. Process Biochemistry, 17-19, December (1979).
17. Tatterson, I.; Windsor, M.L. Fish Silage. J. Sci. Food Agric. 25, 369-379 (1974).
18. Tatterson, I.N. Fish silage-preparation properties and uses. Anim. Feed Sci. Technol., 7: 153-159 (1982).
19. James, M.A.; Iyer, K.M.; Nair, M.R. Comparative study of fish ensilage prepared by microbial fermentation and formic acid ensilage. Proc. Conf. Handling, Processing and Marketing of Tropical Fish, TPI, London (1977).
20. Kompiang, I.P.; Arifudin, R.; Raa, J. Nutritional value of ensilage by catch fish from Indonesian shrimp trawlers. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books Ltd. Torry Research Station (1979).

21. Jan Raa. Biochemistry of microbial fish spoilage and preservation by lactic acid bacteria and added acid. Global Impacts of Applied Microbiology. Lagos Nigeria (1980).
22. Stanton, W.R.; Yeoh, Q.L. Low salt fermentation method - for conserving trash fish waste under se Asian conditions. Proc. Conf. Handling, Process and Marketing of Tropical Fish, TPI, London (1977).
23. Potter, O.; Tatterson, I.N. and Wignall, J. Preliminary studies of two techniques for the removal of oil from - - fish silage using comercial equipment. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books Ltd. Torry Research Station (1979).
24. Strom, T.; Gildberg, A.; Stormo, B. and Raa J. Fish silage: why not use propionic and formic acid?. Adv. in Fish Sci. and Tech. Fishing News Books Ltd. Torry Research Station (1979).
25. Murillo Corral Carlos H. El ensilado como una alternativa para alimentación para ganado. 1er. Simposio Internacional de Educación y Organización Pesquera (1979).
26. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) (1980).