

EVALUACION DE LA FRESCURA DEL BOCACHICO (Prochilodus reticulatus) -  
UTILIZANDO EL PANEL ORGANOLEPTICO, LA TRIMETILAMINA Y EL RECUESTO -  
BACTERIANO.

Por :

ALFREDO A. VILA BASTOS

LUIS F. VEGA GUERRA

WILLIAM J. MARIN ROCHA

" TESIS DE GRADO PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL -  
TITULO DE ..."

INGENIERO PESQUERO

PRESIDENTE DE TESIS :

LUIS ALFREDO SANCHEZ, Químico Farmacéutico

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DEL MAGDALENA

FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA

SANTA MARTA

1983

~~Tes.~~

~~133 I.P.~~

~~1695e~~

IP 00014

" Los jurados examinadores del trabajo de tesis , no serán respon-  
sables de los conceptos e ideas emitidas por los aspirantes al -  
título "



## A G R A D E C I M I E N T O S

Los autores agradecen a :

LUIS ALFREDO SANCHEZ, Químico Farmaceuta, Profesor de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

ELIECER CANCHANO NIEBLES, Ingeniero Agrónomo, Profesor de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

VICTOR LOPEZ, Ingeniero Químico, Profesor de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

MARTHA VILLADA, Tecnóloga en Microbiología, Profesora de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

RICARDO BOLAÑO, Economista, U.T.M.

LUIS NIETO A., Ingeniero Peaquero, Profesor de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

MANUEL CANCHANO N., Ingeniero Pesquero.

MARTIN CAYCEDO, Ingeniero Pesquero.

OSCAR ROCA L., Ingeniero Pesquero

JULIO A. OTERO, Auxiliar del Laboratorio de Química de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

RUBEN E. ROCHA D., Auxiliar del Laboratorio de Suelo de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

LUIS RIVERA M., Auxiliar del Laboratorio de Microbiología de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

ENILDA M. VEGA G., Secretaria Colaboradora.

ARMANDO LACERA R., Químico, Master en Ciencias y Tecnología de Alimento, Profesor de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

El Instituto de Recursos Renovables "INDERENA"

Y a todas aquellas personas o Entidades que en una u otra forma -  
colaboraron para la realización de este trabajo .



DEDICO:

A mis padres quienes en todo momento  
me brindaron su apoyo , para lograr  
culminar con exito mis estudios.

A mis hermanos.

A mi novia.

A mis amigos.

ALFREDO

DEDICO:

A mi madre ANA D. GUERRA VDA. DE VEGA

A mis hermanos en especial a EMILDA

A mis sobrinas ANA MARGARITA y LILIANA

A mis amigos.

LUIS

DEDICO:

A los que con amor y esfuerzo me hicieron posible cruzar la meta deseada: mis padres MARCOS MARIN y CECILIA ESTHER.

A mis hermanos.

A mis sobrinos y demás familiares.

A mi mujer e hijos (ELKIN, YENNYFER)

A mis compañeros.

WILLIAM.





## C O N T E N I D O

CAP.	PAG.
I. INTRODUCCION	1
OBJETIVO GENERAL	4
Objetivos específicos	4
II. REVISION DE LITERATURA	6
III. CARACTERISTICAS DE LA ESPECIE ESTUDIADA	20 ✓
3.1. Especie estudiada	20
3.1.1 Descripción	20
3.1.2. Biología	21
3.1.3. Taxonomía	22
3.1.4. Alimentación	23
3.1.5. Métodos de pesca	23
3.1.6. Hábitat	24
IV. TRATAMIENTO DE CONSERVACION	25
4.1. Refrigeración	26
4.2. Causas de la descomposición del pescado	27
4.3. Tratamiento previo	30
4.3.1. Exigencias que tiene que cumplir el hielo	30
4.3.2. Higiene que tiene que cumplir el hielo	31
4.4. Transporte	31
4.5. Condiciones del pescado	32



CAP.	PAG.
4.6. De las condiciones de la manipulación	33
V. MATERIALES Y METODOS	35
5.1. Materiales utilizados	35
5.1.1. Materia prima	35
5.1.2. Implementos	35
5.1.3. Reactivos	36
5.2. Métodos de análisis	37
5.2.1. Métodos de la trimetilamina	38
5.2.1.1. Principio del método	38
5.2.1.2. Curva standar	39
5.2.1.3. Método de Antonacopoulos	39
5.2.2. Método de análisis bacteriano	41
5.2.3. Panel organoléptico	41
VI. ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE RESULTADOS	43
6.1. Expresión y graficación de los resultados	43
6.2. Análisis estadísticos y procedimiento de los resultados	44
VII. RESULTADOS	45
7.1. Olor - Días de captura	46
7.2. Número de bacterias - Días de captura	48
7.3. Trimetilamina - Días de captura	48
7.4. Trimetilamina - Olor	49

CAP.	PAG.
7.5. Número de bacterias - Olor	52
7.6. Número de bacterias - Trimetilamina	53
VIII. CONCLUSIONES	54
IX. RECOMENDACIONES	56
X. ANEXOS	58
XI. RESUMEN	66
XII. SUMMARY	67
XIII. BIBLIOGRAFIA	68

## INDICE DE TABLAS

	PAG.
TABLA 1 - Ecuaciones de las curvas de regresión obtenidas a partir de Bocachico .	45
TABLA 2 - Contenido promedio de trimetilamina relacionada con el factor olor .	51
TABLA 3 - Comparación de los datos de coeficientes de correlación entre olor y trimetilamina (Según Calabresse , 1965 )	51
TABLA 4 - Análisis organoléptico de la especie.	71

## INDICE DE GRAFICAS

	PAG.
GRAFICO 1 - Curva de olor vs. Días de captura en el Bocachico .	61
GRAFICO 2 - Curva de Bacterias vs Días de captura - en el Bocachico .	62
GRAFICO 3 - Curva de trimetilamina vs Días de captura en el Bocachico .	63
GRAFICO 4 - Curva de trimetilamina vs Olor en el Bocachico .	64
GRAFICO 5 - Curva de Bacterias vs Olor en el Bocachico .	65
GRAFICO 6 - Curva de Bacterias vs Trimetilamina en el Bocachico .	66
GRAFICO 7 - Curva standar de Trimetilamina	67



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

Muchos de los recursos pesqueros de nuestra zona se hallan suficientemente evaluados en función del volumen existente. El total de Bocachico ( Prochilodus reticulatus magdalенаe ) extraído en el año de 1980, por zona de extracción en Santa Marta, alcanzó un total de 233.2 toneladas ( Según datos tomados de estadísticas de el Inderena Seccional del Magdalena ) de los cuales el 10% se industrializó ( Congelado , secado, etc., ) y el 90% restante se dedicó al consumo en fresco. Además es conocido que el pescado es el principal producto en la dieta y la economía de gran parte de nuestra población ribereña.

La mayor demanda causada por el incremento de la población, los cambios en los hábitos alimenticios y la restricción en el consumo de carne roja, permite aumentar el consumo de pescado fresco. El hecho de que en el país se capturen anualmente miles de toneladas de productos pesqueros, merece un detenido y concienzudo estudio para prever cualquier alteración ya sea originada por la naturaleza o provocada por el hombre, que pudiera poner en peligro la población consumidora de pescado.

Lo anterior implica que los métodos de manipulación y preservación del Bocachico que hoy se aplican deberán adecuarse a

los usos que se darán a la captura, reduciéndose además los costos y mejorándose la calidad de la materia prima. En este sentido, teniendo en cuenta que ésta especie en fresco constituye el principal rubro de comercialización de productos de la pesca de gran parte de la población ribereña, existe una falta de información sobre el grado de frescura en el momento de llegar al consumidor.

En la actualidad el organismo encargado de comprobar si un pescado es apto o no para el consumo, debe ser el Servicio Seccional de Salud, el cual, a través de sus inspectores lo evalúen organolépticamente, basando su decisión principal en el reglamento sanitario para productos alimenticios. El pescado fresco deberá expenderse con el nombre que le es propio y en convenientes condiciones, cumpliendo con los siguientes requisitos:

- a) Los ojos deben conservar su claridad y transparencia.
- b) La piel y las escamas serán brillantes y firmes.
- c) Las agallas serán de color rojo.
- d) La carne será consistente y elástica, debiendo desaparecer rápidamente la huella que se deja al comprimirlo con el dedo.

Se sabe que durante el deterioro del pescado se acumula gradualmente en la carne trimetilamina, proveniente del óxido de trimetilamina, compuesto éste, constituyente de los peces marinos. Su origen en el pescado y su incidencia, han sido estudiados por va -

rios autores entre los que se destacan con gran importancia, Suwa ( 1909 ) quien por primera vez aisló este compuesto; Beatty (1939) y Castell ( 1946 ) quienes aseguran que ésta sustancia, trimetilamina, solo se halla en peces marinos y también en peces de agua dulce, pero en menor proporción que en los anteriores; Hoppe y Seyler ( 1930 ) sostienen que la trimetilamina es un producto final no tóxico del metabolismo proteico. Además, han realizado estudios sobre trimetilamina, Hashimoto y Okaichi ( 1958 ); Groeninger en ( 1959 ); Shewan ( 1951 ); Dyer ( 1969 ).

El recuento bacteriano viable total ha sido usado por muchos investigadores para estimar el grado de frescura del pescado. Wattson ( 1939 ) quien por primera vez opinó que el músculo del pescado estaba en un medio aeróbio en la superficie y anaeróbio en el interior; Tarr ( 1940 ) propuso dar el nombre de triaminóxidaza a la enzima capaz de activar el óxido de trimetilamina; Wood-Baird ( 1943 ) quienes aislaron bacterias reductoras del óxido de trimetilamina. Otros autores como Castell ( 1948 ), Tanikawa ( 1955 ) - concluyen que la actividad bacteriana constituye un aspecto importante del deterioro en el músculo del pescado.

Los métodos organolépticos, o sea la determinación de la calidad del pescado por medio de los sentidos de la vista, olfato y gusto, son por lo general los más usados a escala mundial, aunque esto no signifique que sean los más convenientes ( Bertullo 1948 ); Stansby ( 1944 ) hace referencia a los analisis organolép-



ticos dividiendólos en dos etapas: Primarios o fundamentales en las que tenemos, textura, olor, sabor y apariencia y las secundarias - ligadas a las anteriores que no son responsables de una forma directa de la putrefacción de éste como son ojos, branquias y vísceras.

#### OBJETIVO GENERAL

La determinación de la frescura del Bocachico empleando el panel organoléptico, la trimetilamina y el recuento de microorganismos, para obtener un conocimiento de la frescura del producto al llegar a manos del consumidor.

#### Objetivos específicos.

Esta investigación se llevó a cabo en su totalidad en la ciudad de Santa Marta ( Universidad Tecnológica del Magdalena ) en un tiempo de 8 meses, con los siguientes objetivos específicos:

- a) Determinar el contenido de trimetilamina en el Bocachico.
- b) Llevar a cabo un recuento de microorganismos totales.
- c) Por medio de un panel organoléptico establecer la aceptabilidad del Bocachico para su consumo.
- d) Tomar en cuenta la trimetilamina y el recuento bacteriano como posibles parámetros en la estimación del grado de frescura del Bocachico, relacionándolos con los resultados obtenidos por el panel organoléptico.
- e) Estimar el tiempo transcurrido desde la captura, hasta que el pescado ( Bocachico ), alcanza su límite de aceptabilidad de acuerdo a condiciones patrones de almacenam



miento utilizando como sistema de conservación, la refrigeración.

## C A P I T U L O   I I

### R E V I S I O N   D E   L I T E R A T U R A

La información para la realización de este trabajo se obtuvo de libros, revistas y publicaciones de instituciones nacionales y extranjeras como: INDERENA , FAO , UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO y otros.

Muchos son los antecedentes que se tienen en cuenta para decir, que la trimetilamina está presente en todas las especies de pescados, tanto de agua dulce como de agua salada.

Desde el punto de vista de muchos investigadores, esta base es una de las más importantes en el músculo de pescado. Fue aislada primeramente por Suwa ( 1909 ) como un elemento natural del músculo del tiburón. Al parecer el óxido de trimetilamina se encuentra solamente en animales marinos ( Beatty 1939 y Castell 1946 ) y en ciertas especies de peces anádromos; pero se comunicó también que se encuentra en peces de agua dulce y anfibios pero en menor cantidad que los peces marinos y se piensa que su papel no es solamente de osmoregulación, sino que fisiológicamente puede tener una significación que la atribuida originalmente.



El óxido de trimetilamina es una base nitrogenada que se encuentra en los teleósteos marinos, elasmobranquios y en varios grupos de invertebrados en especial moluscos y crustáceos. El óxido de trimetilamina es una sustancia soluble no tóxica, con reacción neutra, formando parte considerable del nitrógeno de desecho excretado por teleósteos marinos, más del 30%, mientras que los elasmobranquios secretan cantidades menores. Se produce posiblemente por metilación del amoníaco, aunque el proceso no es bien conocido.

La osmoregulación es un proceso en el cual los peces tratan de mantener su contenido acuoso a un nivel constante referible a una relación básica, como por ejemplo: Agua/Proteína ( Colín-Nicol 1967 ). Cuando un pez por fenómenos naturales, como son las corrientes, los vientos, etc., pasa de un medio a otro diferente en concentración salina, sus órganos están sujetos a una tensión osmótica.

La concentración salina de la sangre de los elasmobranquios y teleósteos de agua salada es más alta que la de los teleósteos de agua dulce, manteniendo el balance acuático de sus fluidos mediante el agua que por ósmosis ingresa a través de las branquias y superficies orales.

Los teleósteos marinos tienen la tendencia a perder agua a través de las branquias y otras superficies corporales desde el momento en que la concentración de la sangre es menor que la del

agua de mar. Para balancear estas pérdidas, beben agua de mar y también la extraen de sus alimentos ( Smith 1930 ).

La mayor presión de la sangre de los elasmobranquios, es devida sobre todo al contenido de úrea que alcanza según Colin-Nicol ( 1967 ) a un 1.5%, mientras que para Smith ( 1936 ) llega al 2.2%.

La úrea es retenida por los elasmobranquios como un metabolito útil, por lo cual gran parte de la úrea en el filtrado es absorbida por los túbulos renales del riñón. En los teleósteos existe alguna excreción extrarrenal de sales y úrea. Los monovalentes (  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$  ) se excretan por las branquias. La úrea se difunde a través del cuerpo y aparece como osmótica. En adición a estas sustancias, la sangre contiene cantidades relativamente altas de óxido de trimetilamina  $\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{O}$ .

Se tiene conocimiento de que la excreción de nitrógeno en peces, tres sustancias aparecen como las más importantes: úrea, amoníaco y óxido de trimetilamina. Sin duda se sabe que la úrea es un producto endógeno del metabolismo protéico y juega un papel importante en muchos aspectos de la fisiología de los elasmobranquios ( Black, 1957 ).

Según Colin-Nicol ( 1967 ), la excreción del nitrógeno, presenta tres factores distintos:

a) Bioquímico - La forma en que se producen los productos -



de desecho.

- b) Fisiológico - La forma como esos productos son descargados al exterior.
- c) Ecológica - Las relaciones entre el modo de excreción de nitrógeno y las condiciones del medio en que vive el animal.

Las grandes cantidades de amoníaco excretado por las branquias del pez, son formadas en el lugar de la excreción. Comparativamente pequeñas de ésta sustancia tóxica, se encuentra en la sangre y la orina, eliminándose mediante órganos excretores especiales como riñones y nefridias.

Hoppe-Seyler ( 1930 ) sostiene que el óxido de trimetilamino es un producto final no tóxico del metabolismo protéico. De allí - en adelante no se ha estudiado ningún camino metabólico para síntesis del óxido de trimetilamina, tanto para el pescado como para cualquier otro ser ( Groninger, 1959 ).

Balwin ( 1951 ) sugiere que el óxido puede ser de origen endógeno, desde el momento en que algunos teleosteos marinos excretan más del 30% de su nitrógeno excretario total en forma de óxido de trimetilamina.

La conversión de óxido de trimetilamina a trimetilamina por un sistema enzimático que catalice esta reacción, como se ha demostrado

trado en el hombre y otros mamíferos ( Lintzel 1935; Norris y Benoit 1941 ), ha sido demostrada por Kappler-Adler y Vering ( 1931 ) como un sistema inexistente en teleósteos y anfibios.

Norris y Benoit ( 1945 ) han demostrado que sí al salmón joven se lo mantiene con una dieta libre de oxígeno, no lo acumula en el tejido muscular, pero cuando se lo alimenta con el óxido, aparece alguna retención.

Hashimoto-Okaichi ( 1958 ) comunican que el óxido dietético se acumula en los músculos del pez, *Carassius auratus* y la anguila japónica, mientras que si lo alimenta con una dieta libre de óxido este no se le encuentra luego en el músculo.

Partiendo de que el óxido de trimetilamina del alimento se acumula en el tejido de los peces, Groninger ( 1959 ) sienta esta hipótesis: " Que debe buscarse la fuente de síntesis metabólica en algún punto de la cadena alimenticia ". Considerando a ésta en sentido contrario se encuentra que los grandes teleósteos utilizan peces más pequeños que a su vez utilizan el fitoplancton y éste sintetiza su alimento por fotosíntesis.

El primer lugar de la cadena alimenticia en donde el óxido se encuentra en el zooplancton y puede llegar a este por dos rutas así:

a) La ruta más simple sería la conversión a óxido de la tri

metilamina encontrada en el alimento, plantas marinas y  
b) La ruta más compleja estaría ligada con la síntesis del-  
óxido en el zooplancton desde fragmentos más pequeños.

Advierte un autor que el estudio de zooplancton en donde -  
los sistemas de trimetilamina-oxidaza y de metilación, se está in-  
vestigando, podría proporcionar una información valiosa.

Las 3/4 partes de las excretas nitrogenadas son eliminadas-  
por los peces óseos por medio de las branquias, probablemente por-  
difusión y una muy pequeña parte por la orina. Las sustancias rá-  
pidamente difusibles tales como amoníaco y úrea en un 60-70% y ami-  
nas en un 10-20% son excretadas por las branquias. El nitrógeno re-  
manente queda presente como óxido de trimetilamina. Las sustancias  
menos difusibles como creatina, creatinina y ácido úrico, son eli-  
minadas por el riñón. En los elasmobranquios el producto final de  
la excreción es la úrea en un 75%, mientras que el óxido de trime-  
tilamina se conserva por absorción a la altura de los túbulos.

Se ha encontrado que los peces del Artico presentan valores  
más elevados que los del mar del Norte ( Shewan 1951 ). El tamaño-  
y la edad de los ejemplares ( Bacalao, merluza ) también parece a-  
fectar el promedio de trimetilamina, óxido más elevado en cuanto -  
mayor es el pez o bien se pueden encontrar amplias variaciones den-  
tro de un grupo de igual tamaño o edad.

Shewan ( 1951 ) cita otros autores ( Jakobson y Mathieson ,



1946; Renal y Jakobson, 1947 ) quienes demostraron que en determinados productos marinos el óxido de trimetilamina es el constituyente principal de entre los causantes de la corrosión de la hojalata de los envases. Junto con la Betaína, el óxido de trimetilamina es considerado como productor del " gusto a pescado " en varios alimentos: Leche, manteca, aceite de hígado, pescado curado o almacenado aún con atmósferas de  $CO_2$ .

Siempre que aparece "olor a pescado" junto con la trimetilamina o su óxido o compuesto que puedan originarlo, están presentes grasas como colina, lecitina , etc., ( Shewan 1951 ).

Davies y Gill ( 1936 ) citados por Shewan, estiman que ante la facilidad con que la trimetilamina se óxida toma parte en las reacciones que lleva la transferencia de nitrógeno a una combinación orgánica con los productos del hendidamiento de las grasas, para formar productos liposolubles con " gusto a pescado ".

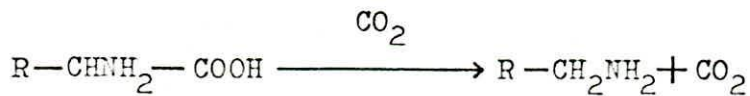
En estudios intensivos de varios métodos de detección de la putrefacción incipiente del pescado, Beury-Schvinte ( 1935 ) encontraron que el mejor método era la determinación del nitrógeno volátil, amino o amoníacal, los cuales van en aumento con la degradación de estos.

Font Quer ( 1962 ) comunica que la formación de amoníaco y algunas aminas pueden tener los siguientes orígenes:

- a) Por hidrólisis desaminativa - Con formación de un hidroxiaácido y liberación de amoníaco, formandose estos cuerpos solo por bacterias aerobias, de acuerdo con la siguiente reacción:



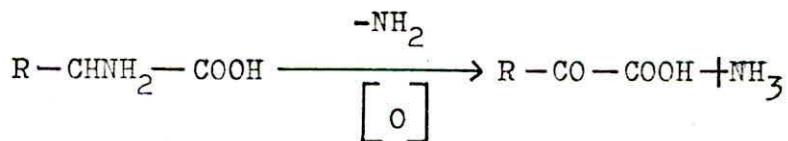
- b) Por descarboxilación - Con formación de la amina correspondiente siendo un tipo de reacción anaerobia, según la ecuación:



- c) Por reducción desaminativa - Con formación de un ácido graso y amoníaco también de tipo anaerobio, según la ecuación:



- d) Por oxidación desaminativa - Con formación de un cetoácido y amoníaco, que responde a la ecuación:



- e) Por reducciones mutuas - En las que un ácido sufre reducción desaminativa y el otro oxidación desaminativa, ac-



tuando uno de ellos como aceptor de hidrógeno en la oxidación del otro aminoácido. La formación de  $\text{NH}_3$  como producto final en la mayoría de las reacciones, es de gran importancia porque las sales amoníacales son utilizadas por las bacterias como fuente de nitrógeno.

Beatty-Gibbons ( 1937 ) comunican que el aumento de las bases nitrógenadas volátiles en el músculo del bacalao formado entre el período de pre-rigor y las primeras apariciones de olores, son casi totalmente el resultado de la acción bacteriana. Ellos describen un método para la determinación rápida de la trimetilamina, cuyo aumento es paralelo al de la población bacteriana.

Beatty ( 1938 ) considera que en la putrefacción del músculo del pescado, las bases volátiles pueden ser divididas en cuatro grupos: Amoníaco, aminas primarias, aminas secundarias y aminas terciarias. En esta última se encuentra la trimetilamina, originada por la reducción del óxido de trimetilamina.

Comunica además que el óxido de trimetilamina se encuentra presente en la carne de peces marinos, en promedio según los siguientes índices:

Teleósteos:	0.26 a 0.67 %
Elasmobranquios:	0.27 a 1.43 %
Especies de agua dulce:	0.00 a 0.00 %

Sostiene además , que el óxido se encuentra solo en las es pecies marinas y no en las de agua dulce ; en las especies anadromas ( Salmón ) y no en los catadromos ( Anguilas ) . Afirma también que la formación de trimetilamina , llevada a cabo por las bacterias de la putrefacción parece ser un fenómeno general durante la alteración del pescado .

Al estudiar la putrefacción del pescado , Watson ( 1939 )-  
comunica que el músculo de aquel está en un medio aeróbico en la su  
perficie y anaeróbico en el interior .

Dentro de las bacterias de la putrefacción del pescado , -  
este considera que el Achromobacter , se puede dividir en dos grupos  
: Aeróbicos estrictos y Anaeróbicos facultativos . Solo estos úl  
timos son capaces de crecer en el interior o en la superficie del-  
músculo y son responsables de la reducción del óxido de trimetilamina  
a trimetilamina .

Considera Watson además que de los grupos de Achromobac -  
ter , el que pertenece al de anaeróbico facultativo es el Achromo -  
bacter-reductor y que este , al reducir el óxido de trimetilamina-  
en reacción acoplada de oxidación-reducción incluyendo al óxido co  
mo aceptor de hidrógeno y el ácido láctico como dador de hidrógeno  
( Junto con otros dadores tales como : Glucosa , lactato y piruvato  
 ) , brindan una fuerte evidencia para el desarrollo de la ecuación  
general :

$AH_2 + N(CH_3)_3O \longrightarrow A + (CH_3)_3N + H_2O$  donde  $AH_2$  es el substrato oxidable o dador de H y A el substrato oxidado .

Las bacterias que reducen el óxido de trimetilamina , son aquellas que tienen en sus células una enzima capaz de activar la molécula y así volverla susceptible de reducción por cualquiera de los sistemas de deshidrogenasas .

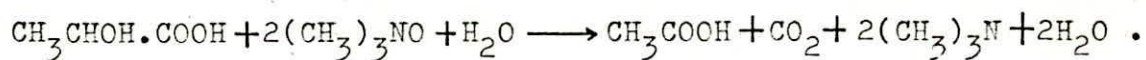
Dicha enzima activa al óxido de trimetilamina y forma un producto de reducción , la trimetilamina y también a los óxidos de trimetilamina y tri-n-propilamina , con la formación de bases correspondientes , Tarr ( 1940 ) propone darle el nombre de triamineoxidaza y comprueba que la poseen los gérmenes Micrococcus , Achromobacter , Escherichia y Pseudomonas .

Beatty y Collins ( 1939 ) consideran que en la putrefacción del músculo , el hendidamiento se efectúa en dos etapas :

- a ) La primera consiste en la oxidación del ácido láctico y azúcares .
- b ) La segunda con la oxidación de los aminoácidos e hidrólisis de proteínas .

La producción de trimetilamina corresponde a la primera etapa ; la putrefacción avanzada a la segunda . Reordenaron la ecuación de Watson así:





Ajustando los valores de Watson , pues 1 mg de ácido láctico requiere el equivalente de 0.3 mg de óxido . Por lo tanto , el ácido que se encuentra en el músculo en putrefacción tiene como precursor el ácido láctico .

Consideran que la presencia de trimetilamina se puede detectar organolépticamente cuando el valor es de alrededor de 4 mg N/ 100 g de carne y si el olor es muy definido llega a los 20 mg . La segunda etapa , la de degradación de los aminoácidos , se inicia con niveles superiores a los 30 mg y el olor es tan pronunciado que torna repulsivo al producto .

La reducción de óxido se efectúa con pH alcalino o ligeramente ácido y se detiene por completo cuando el pH es menor de 5 .

Dentro del grupo bacteriano productor de trimetilamina y al margen de los citados por Tarr ( 1940 ) , estudios llevados a cabo por Wood y Bair ( 1943 ) comprueban que dentro de la familia Enterobacteriaceae , las especies de la tribu Escherichia : E. coli, E. coli (intermediaria ) , Aerobacter aerógenes (intermediaria ) , Klebsiella ozaenae . De la tribu Proteae , las especies : Proteus vulgaris , Proteus mirabilis , Proteus morganni , Proteus hydrophylis , Proteus ichthyomius , cepas de Proteus " A " y de " cope " , todos producen trimetilamina del óxido , cosa que no



sucede con los géneros Salmonella , Ebertella , Shiguella y Erwinia . De la tribu Serratiae , comprobaron que Serratia marcescens reduce el óxido y es probable que lo hagan S. indica y S. plymonthensis .

Baird y Woos ( 1944 ) comunican que 25 especies del género Micrococcus , 3 de Staphylococcus , 6 de Sarcina y uno de Gaffka tetragena no reducen el óxido , aunque especies no identificadas de Micrococcus si lo hacen .

Al estudiar las bacterias productoras de trimetilamina en filetes de Haddock ( Melanogrammus aeglefinus ) almacenados a 3 °C . Laycock y Regier ( 1971 ) , aislan bacterias tales como : Achromobacter y Pseudomonas de los grupos I , II , III , IV ; P. putrefaciens . Con la excepción de Bacillus sp. en su mayor parte B. subtilis todos los grupos aislados fueron capaces de producir trimetilamina partiendo del óxido .

El análisis organoléptico es una de las pruebas realizadas en la práctica para determinar la calidad y en consecuencia la alteración de la especie , basada en el juicio experto del personal adiestrado .

Se tiene conocimiento que los cambios químicos , físico - químico o bioquímicos parecen discurrir paralelamente a cambio en el olor , color , textura y aroma . Estos cambios , estuvieron su

jetos a un patrón inicial y con el se determinaron los índices en base a valores correlativos , en el cual se va teniendo cuenta el deterioro del pescado de acuerdo a ese índice y la relación directa apreciada por los sentidos .



## C A P I T U L O   I I I

### C A R A C T E R I S T I C A S   D E   L A   E S P E C I E

Es necesario tener en cuenta una base anatómica y fisiológica clara y precisa de la especie a trabajar ( Bocachico ) , ya que existen factores que los diferencian de otras especies en cuanto a constitución , manera de responder a la manipulación , conservación e industrialización .

La forma , tamaño , alimentación , período pre o post-reproductivo , etc., crean variantes en la anatomía y fisiología de el pez originando comportamientos diferentes , según vivan en aguas salobres ( Potadromos ) , saladas ( Oceanodromos ) , que alternan entre una y otra ( Diadromos ) o que , en función de su ciclo reproductivo , al vivir en el mar desovan en agua dulce ( Anadromos ) o a la inversa ( Catadromos ) . (1)

#### 3.1.    Especie estudiada.

Bocachico ( Prochilodus reticulatus magdalенаe )

Steindachuer ( 1878 )

##### 3.1.1    Descripción .

Como todos los vertebrados en general , la estructura corpórea de esta especie es de simetría bilateral , siendo las partes izquierda y derecha, básicamente imágenes de espejo la una de la otra . Difiere de la mayoría de los peces de escama del Magdalena y especialmente de los caracínidos , en poseer escamas ásperas , - también tiene una espina u horquilla eréctil delante de la aleta dorsal , su boca aunque es similar a la del género *Ichthyoelephos* es más pequeña y el número de dientes alrededor de los labios es menor .(8)

### 3.1.2. Biología .

Los detalles investigativos se limitaron a observaciones , muestreos y análisis del Bocachico , la especie de mayor importancia para la economía del país , y la base para la pesca industrial en los sistemas del Magdalena , Sinú y el Atrato .

Efectúa anualmente dos migraciones largas . La subienda - desde las grandes ciénagas de las tierras bajas hasta las estribaciones de los Andes , donde se mete en los pequeños ríos hasta encontrar obstáculos físicos que le impiden seguir , permaneciendo - allí en las partes menos turbulentas desde su llegada aproximadamente en enero hasta marzo , abril , cuando estos ríos comienzan - a crecer como consecuencia de las lluvias .

En los meses comprendidos entre la segunda mitad de mayo y noviembre el ambiente del Bocachico lo constituyen las extensas -



ciénagas adyacentes a las partes bajas de los ríos Magdalena , - Cauca , San Jorge , Sinú y Atrato . Estos sitios resultan ideales para criaderos , ya que se encuentran aguas de diferentes profun\_ didades cubiertas por campos de " tarulla " ( Eichornia sp. ) y - otras plantas acuáticas que sombrean el lugar y ayudan al enrique\_ cimiento de oxígeno .

Las características de las ciénagas en estos tiempos es - de pH casi neutro y temperaturas que oscilan en un rango entre - ( 27,5 y 30,5 ) °C . Al cesar las lluvias el ambiente empieza a - variar y entonces comienza el éxodo del Bocachico ( 6 ) .

El desove lo realiza en el mismo ambiente biológico donde - nació y discurren sus diferentes estados de alevinaje . El Bocachi\_ co (desova) en el ambiente léntico de las ciénagas , su ciclo de vi\_ da es de cuatro años , en esta edad tiene una longitud esqueletal- de 25 centímetros , o algo más .

El número de huevos que porta una hembra es del orden de - los 80.000 . Los ejemplares de gran tamaño , pueden tener cerca de 1.000.000 . De estos huevos solamente una mínima parte llega a de\_ sarrollarse , la gran mayoría se pierden , e inclusive alevinos . Se calcula que de 80.000 huevos solo una docena de estos llega a - convertirse en peces capaces de iniciar su migración .

### 3.1.3 Taxonomía .

Para la ubicación taxonómica de las categorías superiores - se siguió la clasificación propuesta por L. Berg , en 1940 . Para las inferiores se siguió a Rinkelet y A. Ramburo .

Reino : Animal  
Phylum : Cordados  
Subphylum : Craniata  
Clase : Osteichthyes  
Subclase : Actinopterygii  
Superorden : Teleosteica  
Orden : Ostario physida  
Suborden : Characina o Heterognathina  
Familia : Characinidae  
Subfamilia : Prochilonidae  
Género : Prochilodus  
Especie : Prochilodus reticulatus magdalene

#### 3.1.4. Alimentación .

Esta especie vive de algas exclusivamente y algunas otras - plantas acuáticas . (5)

#### 3.1.5. Métodos de pesca .

Teniendo en cuenta factores biológicos así como objetivos- fundamentales para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo , - se optó por escoger un sistema apropiado de los diferentes que se- valían los pescadores para su captura .

Debido a su modo de vida , que consiste en lamer piedras , no cogen el anzuelo y su captura , por lo tanto , se hace por medio de redes de varias clases . En términos generales las artes y embarcaciones utilizadas han sido ajustadas por los pescadores para obtener altos rendimientos que son a todas luces los mejores , en relación con la conservación del recurso y con los esfuerzos empleados en la faena de pesca .

El método más empleado para la captura de Bocachico , es la atarraya .(8)

### 3.1.6. Habitat .

Es un pez que habita en los ríos , se encuentra distribuido en todo el sistema del río Magdalena , el Alto Cauca , el río Atrato y el río Sinú , excepto en los riachuelos torrenciales . Prefiere aguas totalmente turbias , fondos pedregosos y de regular tamaño . (8)

En los charcos grandes donde se encuentra , puede observarse el gran número de detritos sobre el fondo pedregoso o rocoso .



## C A P I T U L O I V

### T R A T A M I E N T O D E C O N S E R V A C I O N

Uno de los cometidos de la tecnología pesquera consiste en la producción de comestibles necesarios para la alimentación de hombres y animales . Una gran parte de estos son limitadamente conscrvables . A nivel industrial una de las tareas más importantes es aumentar el tiempo de conservación , mediante tratamientos adecuados- y permitir así la planificación de suministros de alimentos , tanto en período de paz , como especialmente en épocas de crisis .

Se deben proteger los alimentos producidos , de la descompo- sición , conservando su sabor y valor alimenticio . Por razón de diferencia de climas y densidad de población , habrá siempre zonas - en que determinados alimentos se produzcan o consuman preferencial- mente , por lo que la industria debe de cuidarse que los alimentos fácilmente perecederos , puedan transportarse a grandes distancias sin disminución en su calidad .

El tratamiento de conservación de los tantos desarrollados, el más popularizado y sobre todo el más favorable por los costos - de inversión es la refrigeración de las especies . Este tratamien- to se logra utilizando hielo picado o desmenuzado .



Para poder limitar en un momento determinado la conservación del pescado por refrigeración, es preciso, tener un concepto claro de la situación de este proceso.

#### 4.1. Refrigeración.

Con la refrigeración se consigue una corta prolongación de la conservación del pescado. El efecto conservador de las bajas temperaturas de refrigeración consiste en inhibir la multiplicación de los microorganismos de la descomposición presente en la carne de pescado durante cierto tiempo.

No tiene lugar la muerte de los gérmenes o solo se sucede en pequeña cantidad, sino que por el contrario, numerosas bacterias, levaduras y mohos, después de un corto tiempo de inhibición, pueden comenzar a multiplicarse en la superficie y aún en el interior del músculo provocando su descomposición.

Para que la refrigeración tenga éxito es de importancia decisiva la creación, por medio higiénicos y técnicos, de las condiciones favorables para impedir el crecimiento de los microorganismos y mantenerlos a lo largo del proceso de refrigeración. Estas condiciones deben comenzar desde el momento de su captura y tiene que seguir este tratamiento hasta su llegada al consumidor.

La refrigeración tiene por objeto la eliminación del calor natural del pescado para impedir la rápida aparición de procesos

de descomposición, creando así las supuestas prevenciones para una larga conservación a temperaturas suficientemente bajas.

La pérdida de calor del pez comienza inmediatamente después de la muerte del animal y su rapidez depende de las condiciones atmosféricas a que se encuentre expuesto el espécimen. Ejercen influencia especial la temperatura, el contenido de humedad y el movimiento del aire que determina también el grado de pérdida de agua en los músculos y con ellos, el grado de desecación y disminución de su peso ( 21 ).

Un uso más generalizado del frío necesario aumentará y mejorará el abastecimiento de alimentos en el mundo así:

- a) Al reducir la putrefacción de los alimentos.
- b) Al prevenir la pérdida de vitaminas y otros nutrientes, y
- c) Al facilitar la obtención de una mayor variedad de productos en todas las regiones ( 1 ).

Para entender por qué ciertos alimentos deben recibir tratamiento especial y por qué deben ser mantenidos a temperaturas bajas, es necesario conocer algunos de los principios que rigen su preservación por medio del control de las temperaturas.

#### 4.2. Causas de la descomposición del pescado.

Se sabe que el pescado por ser un producto altamente pere-

cedero, se descompone pronto después de ser capturado, si no se toman precauciones especiales. El valor del pescado, tanto como alimento para ser consumido inmediatamente, cuanto como materia prima para su utilización industrial, depende del tipo de pescado a que ha sido sometido ya que la fatiga y el agotamiento de los peces durante los procesos de captura merman la calidad del pescado.

La descomposición comienza, en parte, por autólisis y en parte también por la acción de los microorganismos, sobre todo las bacterias. En los dos casos se presentan modificaciones bioquímicas que llevan finalmente a la descomposición del pescado y los hacen inadecuados para el consumo.

Después de la muerte se presenta en el pescado la rigidez cadavérica ( Rigor mortis ), que es una consecuencia de la coagulación de las proteínas. El tiempo del rigor mortis es en efecto muy decisivo para la conservación del pescado ya que durante el mismo se hallan paralizados los procesos enzimáticos y bacterianos que alteran las proteínas musculares, descomponiéndolas en compuestos nitrógenados, entre los que encontramos la trimetilamina que por su olor permite reconocer que el pescado está en condiciones no favorablemente frescas.

La acción perjudicial de las enzimas se puede retardar mediante el uso del frío. Como los peces son de sangre fría y además viven en un ambiente frío, la función normal de estos, está adapta-



da a las mismas temperaturas. Si se lleva a los peces una vez capturados a un ambiente más caliente la autólisis comienza con más rapidéz. Esta es una de las razones por las que a temperaturas ambiente, el pescado se descompone con más rapidéz que la carne de animales de sangre caliente, otra razón es la diferencia ente las estructuras físico-químicos de la carne de estos animales.

Otra causa de la relativamente rápida descomposición del pescado es la naturaleza psicrofíla o psicrotolerante de las bacterias que se presentan generalmente en él. La multiplicación de los microorganismos tiene una influencia mayor que la autólisis en la descomposición del pescado. La invasión de las bacterias tiene lugar en los peces desde las branquias a la sangre, desde la mucosa y las escamas a través de la piel y desde los intestinos.

Las alteraciones que tienen lugar en el pescado al descomponerse se pueden percibir por el aspecto, la consistencia de la carne y por el olor: Los ojos se ponen turbios, las agallas se ponen marrones, la carne se ablanda y se nota un olor característico de putrefacción.

Objetivamente se puede comprobar el estado de conservación midiendo las bases nitrogenadas volátiles ( Amoníaco, dimetilamina y trimetilamina ) y por recuento de microorganismos. En pescados , recién capturados este número no pasa de unos cuantos cientos al hacerse el conteo, esto dependiendo del tratamiento de limpieza que -



se utiliza.

#### 4.3. Tratamiento previo.

La condición previa más importante para la buena conservación del pescado durante la refrigeración es que el número de gérmenes contaminantes existentes al principio sea lo más pequeño posible. Por eso hay que tomar medidas para poder limitar a un mínimo el índice de contaminación en el pescado en el subsiguiente tratamiento.

Las principales fuentes de contaminación son: La superficie de los pescados, es decir, piel, escamas, aletas y tracto abdominal, el suelo de los lugares de trabajo, cubos de agua, utensilios de trabajo, manos y trajes de faena de los trabajadores.

##### 4.3.1. Exigencias que tiene que cumplir el hielo.

El hielo tiene un peso específico de 0.91 Kg/lt, un calor de fusión de 79.4 Kcal/Kg, un calor específico de 0.50 Kcal/Kg°C y un índice de conductividad de 1.9 Kcal/mh°C, todo a cero grados centígrados; el punto de fusión del hielo a 1 atmósfera de presión.

Como el hielo para la conservación de pescados se emplea siempre en estado picado, es importante conocer su densidad de carga en mezcla con peces. Se tomaron datos experimentales de Osoling

se utilizó hielo variado (trozos grandes y pequeños), en ésta clase de hielo se colocan los trozos pequeños entre los huecos de los trozos grandes. En mezcla de hielo con pescados de un promedio de peso de 1.25 Kilogramos, la densidad de carga y el volumen de carga dependen de la relación:

$$\phi = \frac{\text{Cantidad de hielo}}{\text{Cantidad de pescado}}$$

Lumley (Food Investigation Board, Cambridge), aconseja la relación de  $\phi = 2/3$ ; no es aconsejable colocar más de tres capas superpuestas de pescados, con sus correspondientes capas de hielo entre cada dos. (21)

En el almacenamiento del producto refrigerada utilizamos una proporción como la aconsejada por Osolin ( $\phi = 2/3$ ) durante todo el proceso.

#### 4.3.2. Higiene que tiene que cumplir el hielo.

El hielo que entra en contacto con el pescado deberá cumplir con unas exigencias mínimas para ser utilizado en la conservación de los productos pesqueros. No debe contener impurezas, se debe mantener la población bacteriana lo más bajo posible, debe ser inodoro e insaboro para evitar en esta forma que el pescado adquiriera olores o sabores que van en detrimento de su calidad.

#### 4.4. Transporte.

La conservación de los peces de agua dulce tiene lugar fun -

damentalmente en el transporte después de capturarlos . Para el -  
transporte del pescado refrigerado debe procurarse que no sufra ca\_  
lentamiento en el camino y conservarse , en el lugar de destino , -  
es una forma apropiada , si es que no se van a consumir inmediata -  
mente . Es por esto que se han de utilizar medios de transporte -  
aislados de la temperatura ambiente . Para nuestro trabajo se tuvo  
especial cuidado en el transporte y de esta forma asegurar el buen  
aspecto , la forma natural , el olor fresco y la posterior conser\_  
vación .

#### 4.5. Condiciones del pescado .

a ) Desove - Un pez en preparación para su desove tiene un  
mejor desarrollo muscular y una mayor cantidad de mate\_  
ria grasa , lo que permite obtener , una mejor materia -  
prima . Un pez capturado luego del desove ha pérdido pro\_  
teína y grasa , está flaco debido a que sufre autólisis  
fisiológica .

Las especies cercanas al desove , al presentar una mayor  
disponibilidad de materia grasa en el músculo , presen -  
tan problemas de oxidación y enranciamiento que dificul\_  
tan la conservación .

b ) Si es graso o magro - Es necesario tener en cuenta el -  
estado de engrasamiento , muchos científicos han traba\_  
jado con carne de pescado sin tener en cuenta la época



de captura y por esta razón se han cometido errores .

Algunos autores postulan la división bromatológica del pescado en magros y grasos . Colocando entre los primeros - aquellos que poseen entre el uno y tres por ciento de materia grasa y entre los segundos cuando superan el tres por ciento . Otros autores , consideran necesaria una mayor subdivisión así : El magro , entre el uno y el tres por ciento ; el semigraso entre el tres y el cinco por ciento .

No todas las especies de peces presentan una constitución similar en sus grasas y debe efectuarse una primera diferenciación entre los peces de agua dulce y los de agua salada. ( 21 )

#### 4.6. De las condiciones de manipulación .

Desde una vida plena en su ambiente , sujeto solo a sus problemas de desarrollo , alimentación , reproducción, lucha por la vida y defensa frente al peligro , hasta cuando muere, el pescado como tal entra en su nueva concepción de alimento para el ser humano y comienza a sufrir agregaciones de todo orden tal como si al hombre no le preocuparan , puesto que descuida etapas que podrían mantener el pescado dentro de las normas de calidad necesarias .

Ya se hizo notar que el pescado es uno de los alimentos proteicos más percederos y necesitarse esa proteína para la dieta alimenticia en nuestro país , recibe un trato que no está acorde y por lo tanto lo lleva a disminuir su calidad sanitaria con creación de-



catabelitos bacterianos , y lo condenan al decomiso de importantes volúmenes , los cuales les son restados así al consumo humano .

La manipulación de los productos pesqueros en Colombia es discontinua y a veces irracional . El producto recibe un mal trato desde su captura hasta llegar al consumidor .

La manipulación en todas las etapas de transformación de los productos de la pesca , completamente luego con las distintas tecnologías debe ser en todos sus aspectos vista en una forma muy especial , ya que de aquí depende en gran parte como llegue al consumidor .

El pescado puede ser maltratado físicamente en la manipulación , lo que provoca que la putrefacción se acelere y el tiempo de duración se disminuya , así sea utilizando un buen sistema de refrigeración . La manipulación burda traducida en el maltrato del pescado trae productos rasgados , blandos , teñidos con sangre y con hematomas .

## C A P I T U L O V

### M A T E R I A L E S Y M E T O D O S

#### 5.1. Materiales utilizados .

##### 5.1.1. Materia prima .

Bocachico ( Prochilodus reticulatus magdalenae )

##### 5.1.2. Implementos .

- Mortero
- Vasos de reactivos
- Pipetas
- Bisturí
- Espátula
- Erlemeyer
- Frascos de vidrio
- Picnómetro
- Desecador
- Embudo de vidrio
- Matríz aforado
- Buretas

- Tubos de ensayo
- Cajas de petri
- Cinta indicadora de pH
- Mecheros
- Balanza electrónica
- Licuadora
- Estufa
- Autoclave
- Baño María
- Agitador
- Potenciometro
- Fotocolorimetro

5.1.3. Reactivos .

- Acido Tricloroacético( 5 % )
- Formaldehido ( 20 % )
- Agua destilada
- Toluol
- Carbonato de potacio
- Sulfato de sodio anhidro
- Acido pícrico
- Agar nutritivo
- Peptona

La materia prima para la realización de este trabajo se ad  
quirió en las poblaciones ribereñas del río Magdalena : Barranqui\_

lla, El Banco y Barrancabermeja, las cuales son consideradas centros de acopio y comercialización de Bocachico.

Las muestras fueron tomadas inmediatamente después de la captura y manipuladas directamente por el personal interesado en el trabajo para evitar así el maltrato. Se tomó el día y la hora de captura y luego se acondicionaron convenientemente con hielo en un recipiente adecuado (caja de icopor), se transportaron en condiciones ideales (buen aspecto, olor fresco, sin maltrato aparente) directamente a la Universidad Tecnológica del Magdalena, en donde se realizaron los respectivos análisis.

Las temperaturas a las cuales fueron mantenidas las muestras fluctuaron entre 1 y 3 grados centígrados. Cada stock compuesto de 40 kilos aproximadamente, se mantuvo en dichas condiciones, durante un tiempo de 20 días. Teniendo en cuenta que siempre existiera la misma proporción de hielo con respecto a la cantidad de pescado. Los análisis se realizaron sacando diariamente un muestreo compuesto por 10 especímenes y cada uno fue analizado organolépticamente por un panel de 5 a 6 personas, debidamente entrenadas.

Seguidamente se efectuaron los análisis químicos y microbiológicos con el objeto de estimar su grado de frescura. Los ensayos de laboratorio se realizaron en un tiempo de 8 meses. En éste tiempo se obtuvieron los resultados consignados, que son a las luces los mejores.

## 5.2. Método de análisis.

Los métodos de análisis utilizados, se basaron en la nece\_



sidad de ensayar métodos que permitieron determinar el grado de frescura con resultados positivos .

#### 5.2.1. Método de la trimetilamina .

Se utilizó el método de Antonacopoulos ( 12 ) , que ha dado buenos resultados en determinaciones en serie y que se basa en Dyer en cuanto a trimetilamina .

Según Antonacopoulos , valores muy bajos de trimetilamina son señal de que se han elaborado pescados muy frescos . El contenido de trimetilamina permite , además , comprobar los resultados obtenidos en otros estudios . Castell y al , en 1958 ; Faber y al . en 1961 ; Calabresse , en 1965 ; Shewan y al . y Connell y al . en 1968 .

##### 5.2.1.1. Principio del método .

- a ) Extracción de las aminas del músculo del pescado , por medio de ácido tricloroacético .
- b ) Reducir la ingerencia del amoníaco y las aminas primarias y secundarias por medio del formaldehido .
- c ) Desprendimiento de la trimetilamina del extracto ácido hacia el tolueno , por alcalinización del extracto .

d ) Reacción del ácido pícrico en tolueno anhidro para formar un compuesto coloreado .

e ) Medición del color obtenido a 415 mu en el fotocolorímetro .

#### 5.2.1.2. Curva Standar .

Con el objeto de efectuar los cálculos del contenido de trimetilamina se utilizó una curva standarizada , construída utilizando alícuotas en cantidades conocidas de trimetilamina - ácido clorhídrico y leyendo las desidades ópticas .

#### 5.2.1.3. Método de Antonacopoulos .

La técnica seguida para la determinación de la trimetilamina fue la siguiente :

Se homogenizaron de 100 a 200 gramos de carne de pescado en un mortero , tomándose de allí una muestra de 25 gramos de pescado homogenizado y se le añadieron 75 mililitros de ácido tricloroacético al 5 % ; se agitó fuertemente durante 3 minutos y se filtró .

Seguidamente para la fijación se tomaron 20 mililitros del filtrado y se agregaron 5 mililitros de formalde hido al 20 % , - quedando preparada la muestra conservable para algunas semanas .



Antes de la determinación , se tomaron 10 mililitros de la solución o extracto conservable y se aforó a 100 mililitros en un matraz y a partir de esta solución iniciamos la determinación así :

- a ) Fase de toluol - En un beaker se adicionó 4 mililitros de solución de partida , más un ( 1 ) mililitro de formaldehído al 20 % ; después 10 mililitros de toluol y 3 mililitros de  $K_2CO_3$  en solución . Se cubrió el beaker durante un tiempo aproximado de 80 minutos y agitando vigorosamente se dejó reposar durante 10 minutos , para continuar con la siguiente fase .
- b ) Deseccación de la fase de toluol - En un beaker colocamos unos 8 mililitros de la fase de toluol ya separada , con unos 100 miligramos de sulfato de sodio anhidro , con buena agitación .
- c ) Formación del T M A - Picrato - En un beaker se adicionó la fase de toluol desecada , 5 mililitros , y se agregó 5 mililitros de solución de ácido pícrico al 0,02 % en toluol y agitamos .
- d ) Determinación en el fotocolorímetro - Seguidamente se hizo la determinación fotométrica del color frente a una muestra en blanco , que habia recibido tratamiento análogo en cubetas de un ( 1 ) centímetro a 415 m $\mu$  .



e ) Determinación en miligramos de T M A - los valores de densidad óptica obtenidos , se buscaron en la curva estandarizada de trimetilamina y se determinaron los correspondientes valores en miligramos de T M A .

### 5.2.2. Método de análisis bacteriano .

El Método de análisis llevado a cabo es el más comunmente utilizado para el conteo de microorganismos aerobios psicrófilos totales , que es el de dilución y siembra en placas . (22)

Se toman 10 gramos de muestra , se diluyeron en 90 mililitros de agua peptonada al 0.1 % . Luego en tubos de ensayo de 20 mililitros , que contenían 9 mililitros de agua peptonada , se hicieron las diluciones por triplicado hasta  $10^6$  y se colocó un ( 1 ) mililitro de cada una de estas diluciones en una caja de petri y se le agregó el agar nutritivo a cada una de ellas , incubándose a  $37^{\circ}\text{C}$  por 24 y a  $22^{\circ}\text{C}$  por 48 horas , tiempo en los cuales se hizo el recuento total de microorganismos aerobios psicrófilos totales .

### 5.2.3. Panel organoléptico .

Se utilizó un panel compuesto por 5 ó 6 personas con un entrenamiento adecuado , para determinar las características organolépticas del Bocachico .



Se analizaron muestras de Bocachico en diferentes grados de alteración , tomando en consideración factores tales como apariencia externa , olor de las agallas , textura de la carne , ojos , cavidad abdominal , etc , y aplicando para ello puntajes en los diferentes grados de frescura .

En este análisis se utilizó la tabla 4 para observar orgánicamente el espécimen , en la cual va incluida otra tabla específica para la determinación del olor de las agallas que es muy importante , fijándose un límite de aceptación o de rechazo de 6 - en una escala de 0 a 10 . Donde 0 es el valor de máxima frescura - y el 10 el valor de pescado descompuesto .

## C A P I T U L O   V I

### A N A L I S I S   Y   P R O C E S A M I E N T O   D E   R E - S U L T A D O S

#### 6.1.   Expresión y graficación de los resultados .

- a ) El olor se expresa en una escala que va de cero a diez, en donde los valores bajos corresponden a pescados frescos y los valores altos a pescado en descomposición .
- b ) El recuento bacteriano se indica en bacterias por gramo de carne de pescado .
- c ) El tiempo transcurrido desde el momento de la captura, se expresa en días .
- d ) El contenido de trimetilamina se indica en miligramos de trimetilamina por cada 100 gramos de pescado .
- e ) Dado que las variaciones de trimetilamina y el monto de la cuenta bacteriana fluctúan en forma lineal , se utilizaron gráficos lineales para la representación de los gráficos .

6.2. Análisis estadísticos y procedimientos de los resultados .

El método utilizado en la graficación de los datos para el ajuste de la curva , en el de los mínimos cuadrados por el que se determina su tendencia .

Las ecuaciones de las curvas se encuentran en la Tabla 1 , determinándose el coeficiente de correlación en cada una de ellas - para poder interpretar y obtener los diversos tipos de relaciones entre X y Y .

Debido a que cada muestra fué examinada organolépticamente por un panel de 5 a 6 personas y al evaluar un mismo pescado los jueces diferían en más o menos 0.5 , el valor correspondiente a olor es el promedio de las calificaciones obtenidas .

En el ajuste de las rectas se consideraron los valores de las abcisas como variables independientes .



## CAPITULO VII

### RESULTADOS

En la Tabla se resumen las ecuaciones de regresión obtenidas de la asociación de las variables en el pescado examinado en donde se incluyen también el número de observaciones y el coeficiente de correlación de ellas, exceptuando las ecuaciones 5 y 6 en las cuales la curva de regresión se halló relacionando las anteriores.

Tabla 1.- Ecuaciones de las curvas de regresión obtenidas a partir de Bocachico.

	ECUACIONES DE REGRESION	n	r
1.	Olor - Días de Captura  $Y = 1.05 + 0.375 ( X )$	148	0.58
2.	No. de Bacterias - Días de Captura  $\text{Log} Y = 5.34 + 0.0708 ( X )$	61	0.53

Continuación de la Tabla 1.

3.	T M A - Días de Captura $Y = -1.06 + 0.08 ( X )$	9	0.86
4.	T M A - Olor $Y = 5.35 + 7.33 ( X )$	8	0.84
5.	No. de Bacterias - Olor $\text{Log } Y = 5.09 + 0.2 ( X )$		
6.	No. de Bacterias - T M A $\text{Log } Y = 6.4 + 0.5 ( X )$		
7.	Curva Estandar $Y = 0.108 + 0.02 ( X )$		

7.1. Olor - Días de Captura.

Teniendo en cuenta las condiciones de conservación dada a la materia prima y basándonos en el puntaje de 6 del factor olor, podemos determinar los días desde la captura hasta que el pescado alcanza su límite de aceptabilidad para el consumo.

Se puede ver además, en el gráfico de dispersión 1, que existe una tendencia de crecimiento lineal en el olor, dependiendo de la variable independiente.

Analizando los diferentes datos correspondientes a los va -

lores de olor en cada día , tenemos que de acuerdo a esto habrá Bocachico en buen estado de frescura y regular estado dentro del rango de aceptabilidad establecido , es por tanto que al trazar la curva de regresión nos da un rango permisible de 12 a 13 días como máximo para el Bocachico .

Muchos autores han observado la linealidad del deterioro del pescado a distintas temperaturas y concluyeron que la velocidad de esto depende , entre otras causas de la temperatura .

Esta tasa de deterioro no es sin embargo , una cantidad fija . Así , para una temperatura determinada el efecto de esta tasa puede variar no solo de un " batch " a otro , sino también alterar los resultados de diferentes test de deterioro .

Esto se debe , sin duda , a que el proceso de deterioro del pescado es altamente complejo y requiere para su descripción muchos otros parámetros , algunos de los cuales no han sido definidos en términos cualitativos .

Asociados con el deterioro del pescado no solo hay factores intrínsecos , tales como variación en los constituyentes químicos ( Por ejemplo OTMA ) , ciclo sexual , alimentación , zona de pesca , condiciones de manipulación y almacenamiento después de la captura , temperaturas etc. , sino también el hecho de que la flora bacteriana , causante de ese deterioro , se encuentra en un estado



dinámico, modificándose tanto el número de bacterias presentes como la proporción de las especies.

El bajo coeficiente de correlación puede, por lo tanto, atribuirse a la gama de factores anteriormente citados.

## 7.2. Número de Bacterias - Días de Captura.

Los resultados obtenidos y la recta ajustada se pueden observar en la gráfica 2, en donde el coeficiente de correlación es 0.53 (bajo) y la relación de las variables es débil.

Los factores intrínsecos entre los cuales tenemos : zona de pesca, tiempo de pesca, ubicación del pez en la red, fluctuación de la temperatura entre manipuleo y el transporte, ubicación de la caja y posición de ésta, influyen sin duda en el contenido microbiano del Bocachico, lo que prácticamente nos lleva a establecer parámetros de patrón confiables, ya que estos fueron utilizados de la mejor manera posible.

De acuerdo a valores ya establecidos sobre cantidad de microorganismos permisible al momento de llegar al consumidor y cuyo rango está en un valor límite de  $10^6$  aproximadamente, tenemos que el tiempo de duración máximo, y en buenas condiciones del Bocachico se encuentra en los once días.

## 7.3. Trimetilamina - Días de Captura.

Como puede verse en la gráfica 3 , el índice de correlación es alto de 0,86 , lo que nos muestra que entre las variables existe una relación fuerte .

Esta correlación es alta debido a que los datos graficados en el diagrama de dispersión son pocos , como consecuencia de que la cantidad de trimetilamina detectada en el Bocachico es mínima y ésta solo se hace presente cuando el pescado se encuentra en estado de descomposición .

#### 7.4. Trimetilamina - Olor .

En la gráfica 4 se representan los puntos observados y la recta de regresión obtenida para el Bocachico . El coeficiente de correlación a partir del análisis de éstas relaciones resultó alto de 0,84 .

En la Tabla 2 se dan los valores promedios de trimetilamina , calculados a partir de los datos observados dentro de los intervalos de puntaje del factor olor .

En la Tabla 3 se hizo comparación de los coeficientes de correlación obtenidos en trabajos similares .

En el diagrama de dispersión 4 , el contenido de trimetilamina tiende a aumentar en forma lineal en relación con los rangos

de olor .

Teniendo en cuenta que en el Bocachico el límite de aceptabilidad establecido corresponde a 6 puntos de olor observando la curva de regresión de la gráfica 4 se puede obtener el valor límite permisible de contenido de trimetilamina que es de 0.085 miligramos por cada 100 gramos de pescado .

El valor de trimetilamina hallado en pescado con visceras es bajísimo en el límite de olor permisible , por lo cual en pescado eviscerado será aún menor , ya que ésta operación causa una disminución potencial de la flora bacteriana que es la responsable de la reducción del óxido de trimetilamina a trimetilamina y también porque causa un desangrado parcial disminuyendo la hemoglobina presente , lo que , como lo ha demostrado Vaisey ( 1956 ) , cataliza la reducción del óxido de trimetilamina a trimetilamina .

La determinación de valores límites de trimetilamina , calculados en la curva de regresión se obtuvieron tabulando valores , presentes en pescados que se encontraban en el límite de aceptabilidad y en pescados en descomposición .

Habiéndose determinado los valores límites de trimetilamina - olor , para aceptar o rechazar un pescado , este puede aceptarse o rechazarse por ambos factores o bien aceptarse por uno y rechazarse por otro .



Debe considerarse que el contenido de trimetilamina está su-  
jeto a variaciones estacionales , mádures sexual , hábitat , tama-  
ño , especie , etc .

Tabla 2 - Contenido promedio de trimetilamina relacionada-  
con el factor olor .

Rango del factor olor	n	Promedio de TMA / M - 100 g.
0.0 - 0.9	0	0.000
1.0 - 1.9	0	0.000
2.0 - 2.9	0	0.000
3.0 - 3.9	0	0.000
4.0 - 4.9	0	0.000
5.0 - 5.9	0	0.000
6.0 - 6.9	1	0.225
7.0 - 7.9	5	0.327
8.0 - 8.9	0	0.000
9.0 - 9.9	2	0.465

Tabla 3 . - Comparación de los datos de coeficientes de correlación  
entre olor y T M A ( Según Calabresse , 1965 )

Autor	Especie analizada	Coefficiente
Cohen	Sebastes marinus	0.89
Calabresse	Merluccius merluccius hubbsi	0.89 - 0.96
I F O P	Merluccius gayi gayi	0.83 - 0.85
Ebrenberg	Pescado magro	0.40 - 0.80

7.5. Número de bacterias - Olor .

La gráfica 5 , correspondiente al número de bacterias olor se obtuvo relacionando entre sí las gráficas de dispersión 1 y 2 . Analizando las variables número de bacterias - Días y Olor - Días , entre sí .

Spencer , indica que no toda la flora bacteriana presente en el pescado altera su olor y que en un pescado de idéntica calidad sensorial puede tener diferente número de bacterias .

Se sabe que la carne de pescado es estéril hasta el momento en que desaparece el " riger - mortis " y comienza la autólisis momento en que también se inicia la acción bacteriana .

Teóricamente un Bocachico en tales condiciones debería juzgarse organolépticamente con un puntaje de olor igual a cero .- Observamos que para este valor de olor igual a cero la intercepción de la recta , número de bacterias -olor , es igual a  $2 \times 10^5$  Bact. /g .

Podríamos decir de esto, que la actividad de éste número de bacterias por gramo produciría una alteración en el olor que no sería detectable por el panel .

De acuerdo a la pendiente de la recta , por cada aumento -

en un ciclo en el número de bacterias , se produciría un aumento - de 5 puntos por factor olor , afirmación que sería válida a partir de un número de bacterias de  $10^5$  .

Farber y al. 1961 ( 14 ) , trabajando con filetes de lengua do ( *Parophrys vetulus* ) , concluyó que entre  $10^6$  y  $10^7$  Bact./g. es tos alcanzaban su límite de aceptabilidad .

#### 7.6. Número de bacterias - T M A .

La gráfica 6 se obtuvo relacionando las variables dependientes de los gráficos de dispersión 2 y 3 .

Se ha demostrado que la reducción del óxido de trimetilamina está limitada por un sin número de bacterias .

Analizando la gráfica , se puede observar que la trimétila mina presente en el Bocachico no tiene una relación de producción-directa con el número de microorganismos . Se puede ver que la pro ducción de trimetilamina aparece visible cuando el número de bacte rias es mayor de  $10^6$  Bact./g.

Sin embargo los datos de producción no se pueden dar en - función del número de bacterias específicas , debido a que el cre cimiento de estos se tomó con base al número total de microorganis mos .



## CAPITULO VIII

### CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expuesto con anterioridad y , después de haber analizado todas las experiencias presentadas , se llegó a las siguientes conclusiones :

- No es posible establecer o determinar grados de frescura del Bocachico ( Prochilodus reticulatus madalense ) con base al contenido de trimetilamina , ya que las cantidades aparecidas son muy pequeñas y se presentan cuando el pescado se encuentra en estado de putrefacción y las condiciones de olor ya no son aceptables.

- La determinación del número de bacterias totales viables como índice objetivo , señala poca correlación con el método organoléptico , ya que de acuerdo a éste último , el límite de aceptabilidad es aproximadamente a los 13 días en tanto , que por el número de bacterias está en los 11 días .

- De acuerdo a las condiciones establecidas en las experiencias ( Captura , manipuleo , almacenamiento , etc., ) el tiempo de perecibilidad conseguido para el Bocachico en este estudio , 12 a 13 días .

- Pocos tests constituyen una medida lo bastante sensible

de las alteraciones incipientes antes que aparezcan signos ostensibles de descomposición .

- Las pruebas de olor y buqué son subjetivas y su determinación organoléptica sufre todas las limitaciones derivadas de la falta de repetición que son comunes en estas pruebas .

- Que el olor como norma importante en la frescura del pescado , depende de la ausencia o presencia no de una , sino de varias sustancias químicas .

- Debido a la heterogeneidad en la composición del pescado , resulta de obligación conceder la máxima importancia a una adecuada toma de muestras , para lograr datos de garantía .

- Que en la determinación del estado de frescura en el Bo cachico , van a tener influencia factores imposibles de controlar como estación , tiempo atmosférico y distribución de la pesca .

## C A P I T U L O   I X

### R E C O M E N D A C I O N E S

Con base en el diagnóstico sobre aspectos tecnológicos de manipuleo , conservación y transporte de pescado obtenido mediante observaciones directas a lo largo de este estudio , se notifican algunas recomendaciones que facilitarían la continuidad de esta labor en las operaciones siguientes :

- Se considera dar un entrenamiento sobre conservación manipulación y transporte de pescado al personal que tiene vinculación directa con los productos de la pesca .

- Proponer para el Bocachico otros estudios empleando métodos químicos que midan la intensidad de la alteración en particular de los ácidos reductibles y los ácidos volátiles , trabajando con métodos tales como cromatografía de gases , espectrofotometría , espectrografía de masas y electroforesis , ya que se pueden considerar como los más modernos métodos para control de calidad en estos productos .

- Realizar estudios con la misma especie proveniente de zonas contaminadas , establecer además el estado gonadal , con el-



fin de que puedan ser objeto de comparación a nivel microbiológico , bromatológico y químico .

- Llevar a cabo experiencias utilizando diferentes estados de conservación ( Secado , salado , etc. )

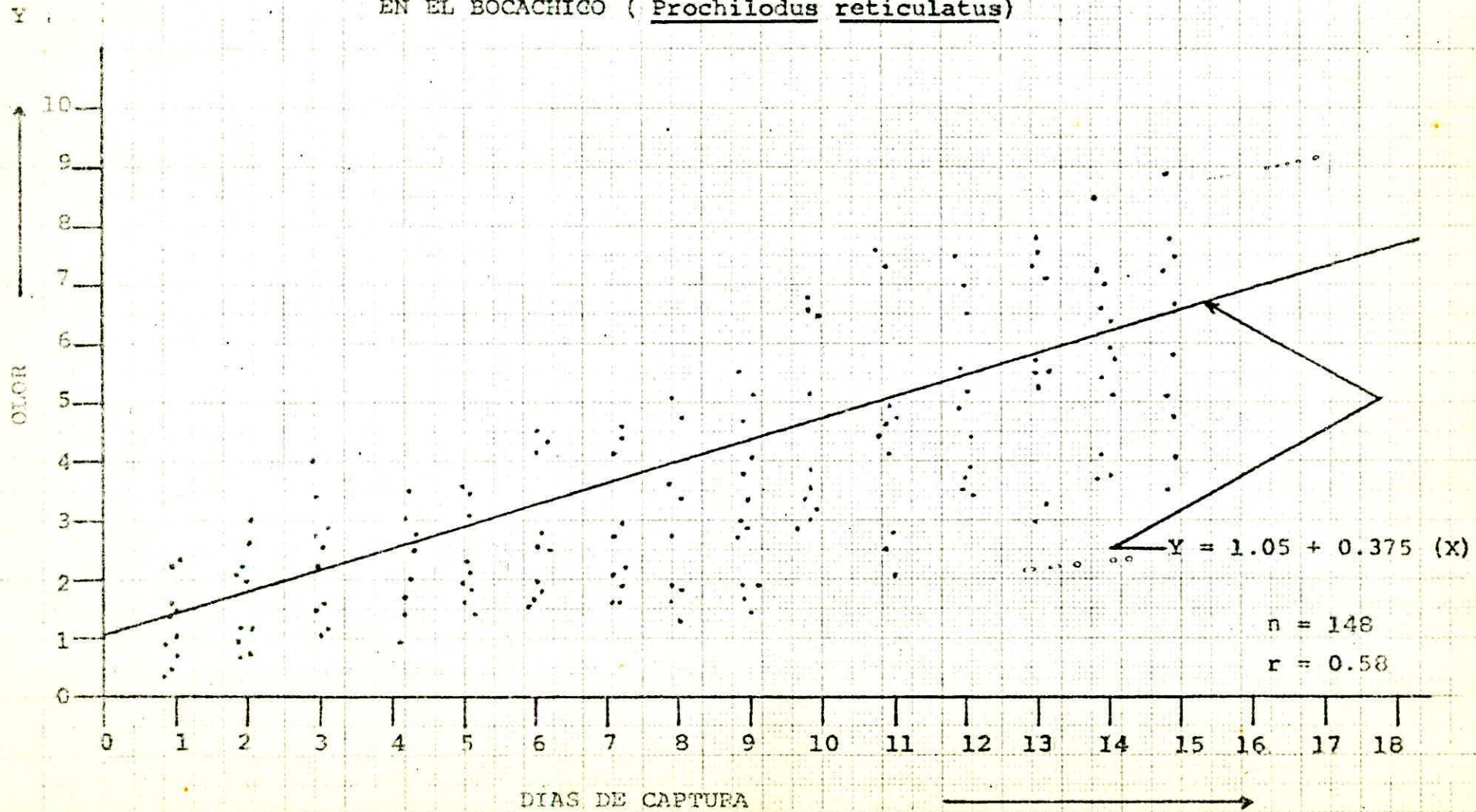
- Realizar estudios similares con otras especies de la misma zona y con especies marinas .

- Hacer pruebas microbiológicas en el Rocachico ( Prochilodus reticulatus magdaleneae ) , con miras a la identificación y cuantificación de los principales gérmenes contaminantes .

A N E X O S

GRAFICA 1

CURVA DE OLOR Vs. DIAS DE CAPTURA  
EN EL BOCACHICO (Prochilodus reticulatus)





GRAFICA 2

CURVA DE BACTERIAS PSICROFILAS TOTALES  
Vs.  
DIAS DE CAPTURA EN EL BOCACHICO  
(Prochilodus reticulatus)

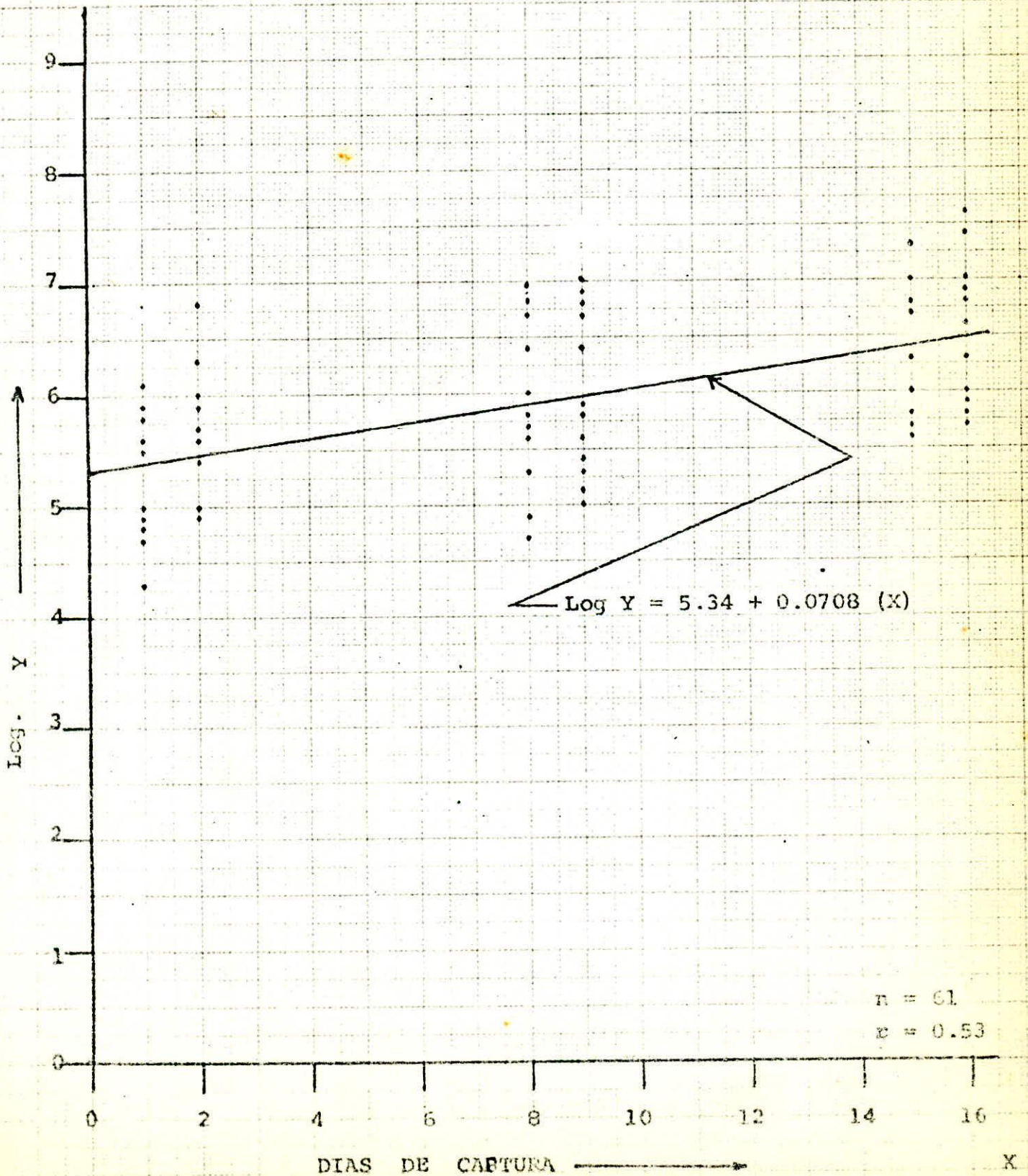




GRAFICO 3

CURVA DE T.M.A. (mg.) Vs. DIAS DE CAPTURA EN EL  
BOCACHICO (Prochilodus reticulatus)

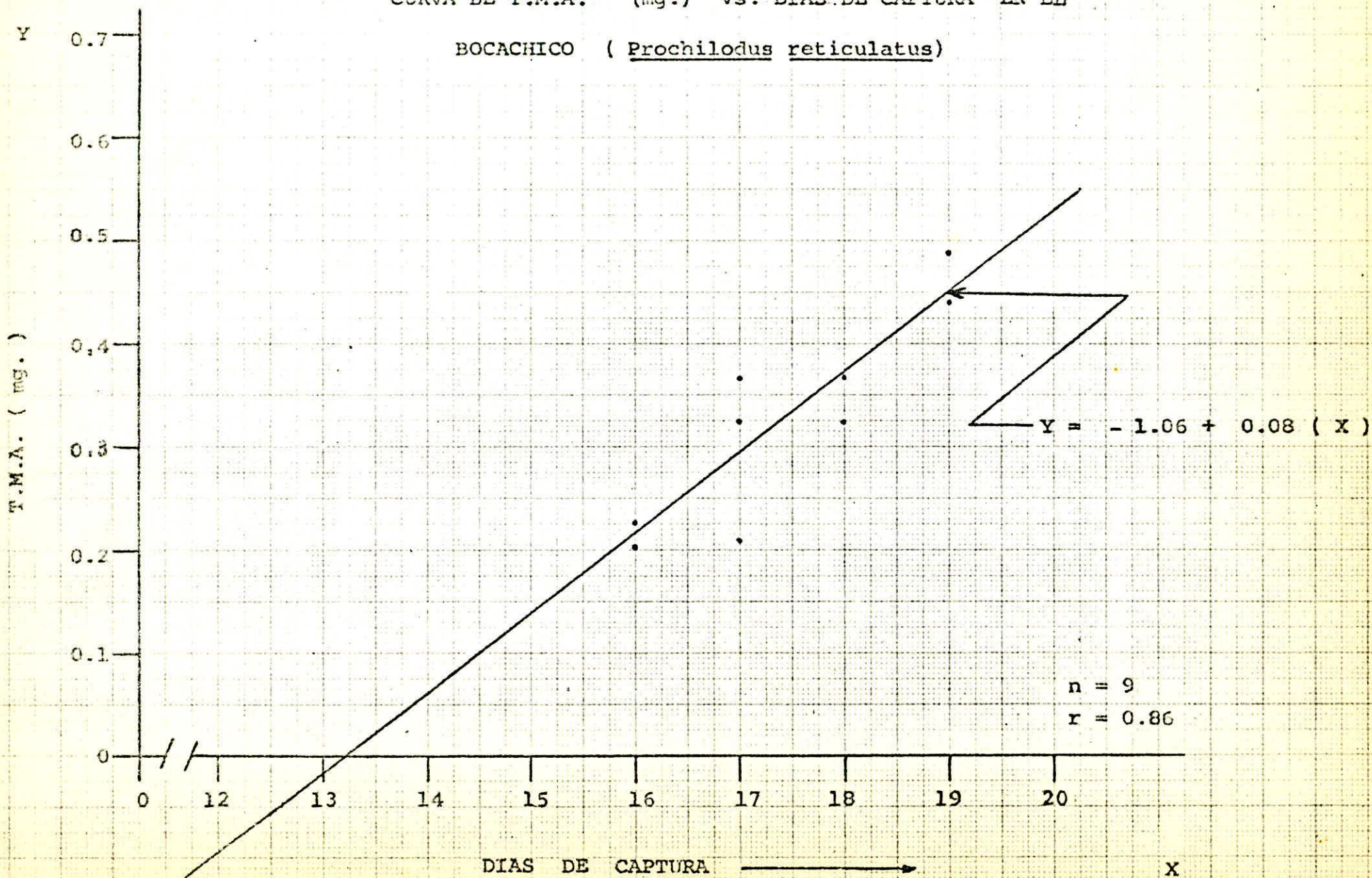
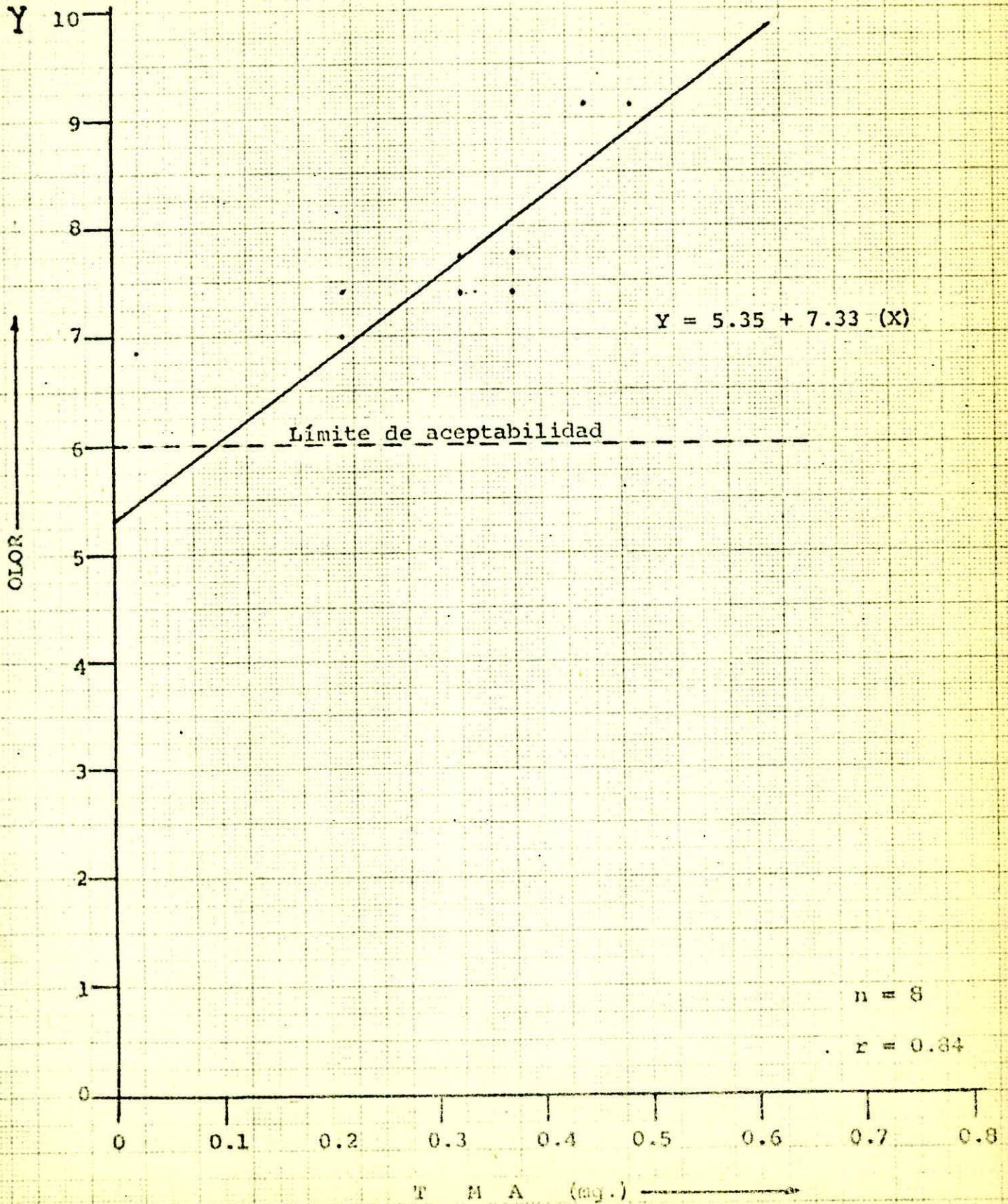




GRAFICO 4

CURVA DE T M A ( mg ) Vs. OLOR EN EL  
BOCACHICO ( Prechilodus reticulatus )

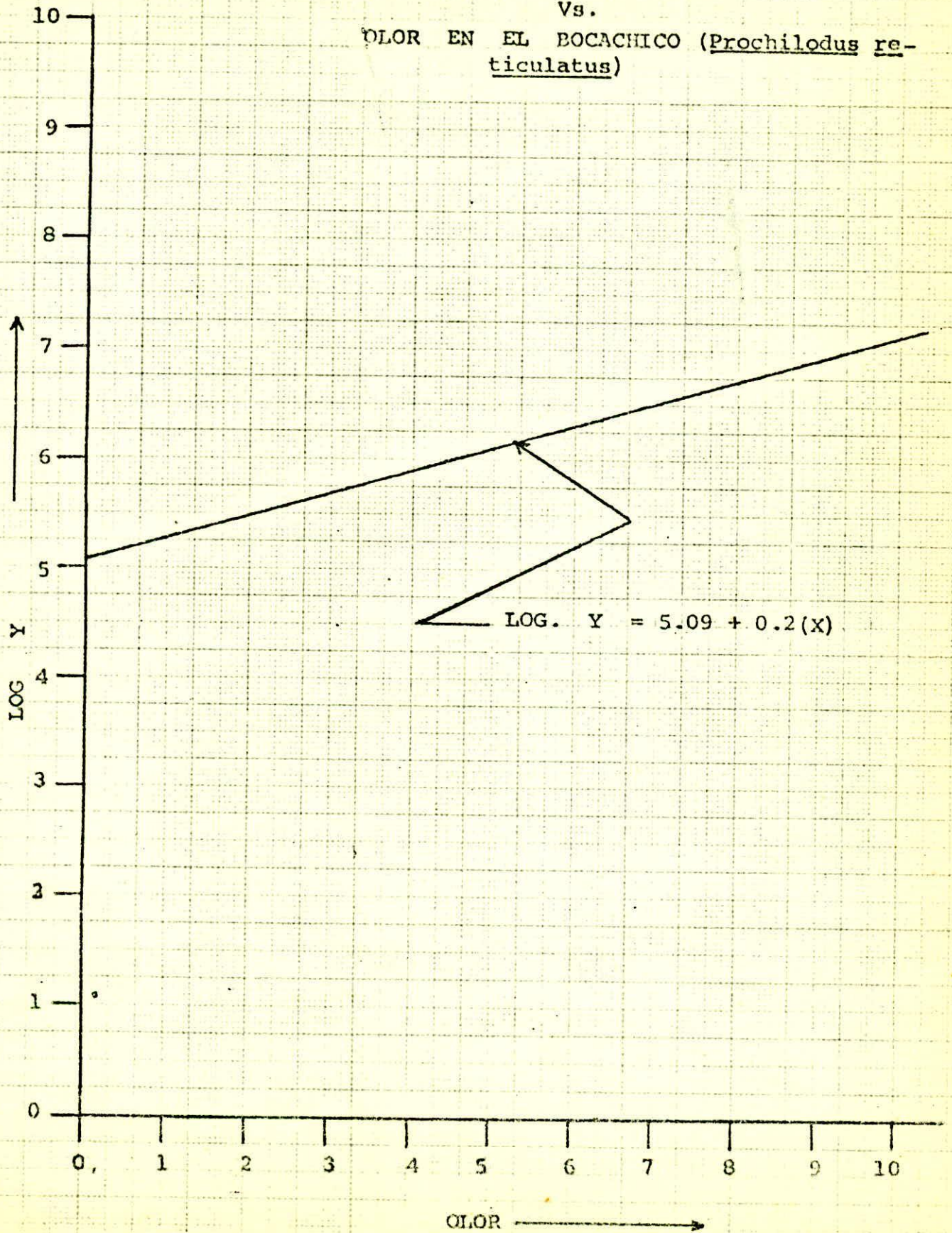




GRAFICA 5

CURVA DE BACTERIAS PSICROFILAS TOTALES

Vs.  
OLOR EN EL BOCACHICO (Prochilodus re-  
ticulatus)



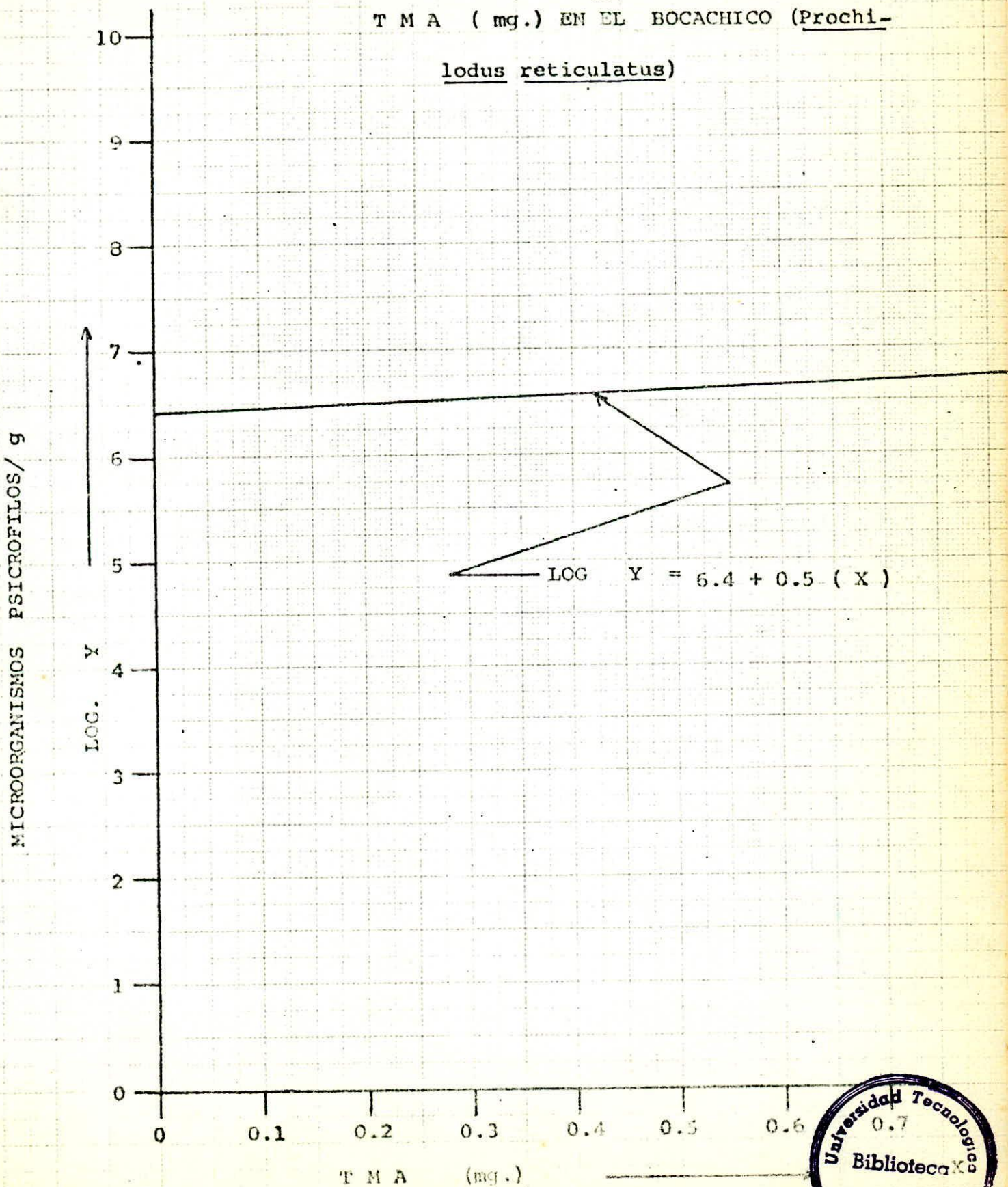


GRAFICA 6

CURVAS DE BACTERIAS PSICROFILAS TOTALES

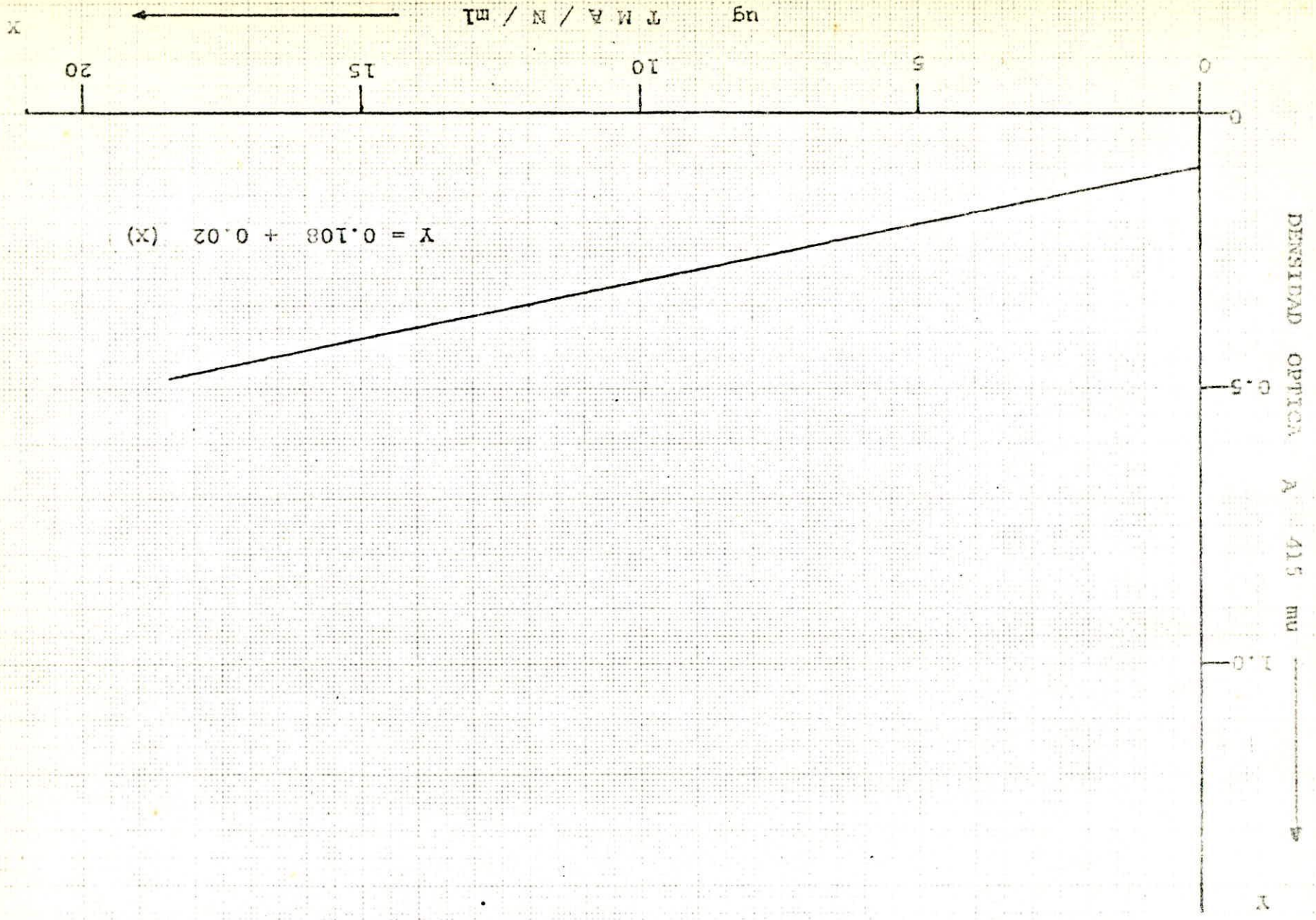
Vs.

T M A ( mg. ) EN EL BOCACHICO (Prochi-  
lodus reticulatus)





CURVA ESTADÍSTICA DE F. M. A.





## RESUMEN

Se han evaluado muchos de nuestros recursos pesqueros, pero no se tiene un conocimiento de que tan duraderos son estos, aplicando como método de conservación, la refrigeración después de capturado. En el desarrollo de este trabajo se establecieron todos los parámetros posibles para observar el comportamiento de la especie Bocachico ( Prochilodus reticulatus magdalenae ) a preservar, desde el momento de su captura hasta que llega a manos del consumidor.

En este estudio se tomaron poblaciones de diferentes lugares, a las cuales se le hizo una evaluación de frescura, tomándose como factores indicativos para ésta: La trimetilamina, el panel organoléptico y el recuento bacteriano.

Basados en los resultados obtenidos se determinaron los límites de aceptabilidad que la especie alcanzaba y la estimación observada nos permitió determinar ~~determinar~~ cual era apta y cual no para el consumo.

Para el control de los datos de las poblaciones, se utilizaron los gráficos de dispersión, aplicando el método de los mínimos cuadrados y estableciendo el coeficiente de correlación correspondiente en cada una de las gráficas obtenidas.

## S U M M A R Y

Many of our fishing recourses have been evaluated, but there is no knowledge as to how long they can be preserved after capture employing refrigeration immediately after capture. In the development of this thesis all possible parameters were established for the observation of the behaviour of the species ( *Prochilodus reticulatus magdalenae* ) during preservation, from the moment of capture until arrives in the hand of the consumer.

In this study, samples were taken from different places, these samples were evaluated for their freshness, using as criterion: Trimethylamine, bacteria count and organoleptico panel.

Based on the results obtained, the limits of acceptability, reached by the this species, were determined and this process permitted us to determine which were and which were not safe for human consumption.

As a control group the dispersion graphs were used, applying the method of squared minimums and establishing the corresponding correlation coefficients in each an of the graphs obtained.

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

1. BERTULLO , Víctor . " Tecnología de los productos y subproductos de pescado , moluscos y crustáceos " . Buenos Aires Hemisferio Sur , 1975 . p.p. 39 , 78 , 79 , 83 , 84 , 86 , 346 .
2. BURGUESS , G. H. " El pescado y las industrias derivadas de la pesca " . Zaragoza , Acribia , 1967 . p.p. 3 , 38 , 142 302 , 326 , 354 .
3. CALABRESSE , R.H. " Valorización de la frescura en la merluza mediante la determinación de trimetilamina y tiróxina . Provincia de Buenos Aires , 1965 . ( Segundo Congreso de Promoción Pesquera ) Necochea .
4. CASTELL , D. M. BISHOP , and NEAL , W. E. " Production of TMA in frozen cod muscle " . Cañada , Bd. , 1968 . p.p. 921 - 933 .
5. DAHL , George . " Los peces del Norte de Colombia " . Bogotá . INDERENA , 1971 . p.p. 109 - 111 .
6. \_\_\_\_\_ . MEDEN F. y RAMOS H. " El Bocachico . Contribución al estudio de su biología y de su ambiente " . INDERENA , 1963 .



7. D'ALARCAO , J. P. ; PUIG Alen y TAPIAS C. " Notas sobre la pesca artesanal en Colombia". Bogotá , INDERENA , 1970 .
8. DEL VALLE , Francisco . " Una contribución a la solución del problema de la Desnutrición de Proteínas en México : Un nuevo método para la conservación rápida y barata del pescado . México , Buenos Aires , 1969 . p. 34 .
9. FRAZIER , W. C. " Microbiología de los alimentos " . Zaragoza . Acribia , 1972 . 512 p.
10. GOMEZ GALEANO , Gustavo y USME MOTTA , Roberto . " Pescado de río " . Bogotá , Orientación Agropecuaria , 1979 . 67 p.
11. HERNANDEZ , R. A. " Contribución al estudio de la pesca conti nental en el Nor-Occidente Colombiano " . Medellín , 1971 28 p.
12. HERMANN , K. " Alimentos congelados , Tecnología y comerciali- zación" . Zaragoza , Acribia , 1977 . p.p. 61-69 y 226 - 237 .
13. HOEL , Paul G. " Estadística elemental " . Compañía Editorial Continental S. A. México . Segunda edición , 1971 . p.p. 227 - 269 .
14. KAWABATA , T. " Studies on TMA oxide reductase" . 1953 .
15. KIETMAN , et al. " Inspección veterinaria de los pescados " . Zaragoza , Acribia , 1974 .

16. LOZANO , H. D. " Manejo y conservación del pescado ". Bogotá ,  
FAO , 1972 . 8 p. ( Conferencia 15 . Proyecto de Pesca ).
17. LUDORFF , W. " El pescado y sus productos ". Zaragoza , Acri-  
bia , 1963 397 p.
18. MAXWELL , A. E. " Análisis estadístico de datos cualitativos ".  
Unión tipográfica . Editorial Hispano Americana , México .  
1966 . p.p. 144-151 .
19. Métodos analíticos en la industria pesquera . Lima , Instituto  
del Mar del Perú , 1969 .
20. MOSQUERA , Andrés . " Composición química y calidad biológica  
del pescado de la Costa Atlántica , Cartagena , 1977 .
21. PLANK , R. " El empleo del frío en la industria de la alimenta-  
ción . Barcelona , Reverté , 1977 . 303 p.
22. SEELY , H. y DEMARK , Van , " Manual del laboratorio para micro  
biología . Madrid , Blume . 1973 .

T A B L A 4

A N A L I S I S O R G A N O L E P T I C O D E L A E S P E C I E

Analizador : .....				Muestra : .....			
Fecha : .....				Calificación : .....			
Observaciones : .....							
, .....							
Puntaje	Olor	Nº 1	Nº 2				
0	A algas frescas .....						
1	Con olor a mariscos .....						
2	Neutro , sin olor .....						
3	Ligeramente metálico , a moho .....						
4	A levadura , a cerveza .....						
5	Fuertemente metálico , leche agria ...						
6	A ácido acético , ligeramente dulce , a fruta , a cloroformo .....						
7	A jugo de repollo descompuesto .....						
8	Amoníacal .....						
9	Fuertemente amoníacal .....						
10	A amoníaco , fecal , podrido .....						

A P A R I E N C I A G E N E R A L

0	Excelente .....						
2	Buena .....						
4	Regular .....						
6	Aceptable .....						
8	En descomposición .....						
10	Podrido .....						



FORMULACION UTILIZADA EN LAS  
GRAFICACIONES ANTERIORES

Para las graficaciones 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , se hallaron los siguientes datos , mediante el empleo de estadística :

- Sumatoria de X ..... Ex
- Sumatoria de X<sup>2</sup> ..... Ex<sup>2</sup>
- Sumatoria de Y ..... Ey
- Sumatoria de Y<sup>2</sup> ..... Ey<sup>2</sup>
- Sumatoria de XY ..... Exy

Los valores de :

$$b = \frac{n ( Exy ) - ( Ex ) ( Ey )}{n ( Ex^2 ) - ( Ex )^2} =$$

$$a = \frac{Ey - b ( Ex )}{n} =$$

$$r = \frac{n ( Exy ) - ( Ex ) ( Ey )}{\sqrt{[n ( Ex^2 ) - ( Ex )^2] [n ( Ey^2 ) - ( Ey )^2]}}$$