



**UNIVERSIDAD ESTADAL**  
**"PENÍNSULA DE SANTA ELENA"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**"OCURRENCIA DEL PROBLEMA DE MALOS SABORES  
(Off-flavor) EN CAMARONES CULTIVADOS EN LAS ZONAS  
DE BAHÍA DE CARÁQUEZ Y PEDERNALES, PROVINCIA  
DE MANABÍ, ECUADOR, DURANTE EL PERÍODO DE  
MAYO - SEPTIEMBRE DEL 2004"**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO MARINO**

**JORGE ENRIQUE MALAVÉ CARRERA**

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2006**



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
" PENÍNSULA DE SANTA ELENA "**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**  
**ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**"OCURRENCIA DEL PROBLEMA DE MALOS SABORES  
(Off-flavor) EN CAMARONES CULTIVADOS EN LAS ZONAS  
DE BAHÍA DE CARÁQUEZ Y PEDERNALES, PROVINCIA  
DE MANABÍ, ECUADOR, DURANTE EL PERÍODO DE  
MAYO - SEPTIEMBRE DEL 2004"**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGO MARINO**

**JORGE ENRIQUE MALAVÉ CARRERA**

**LA LIBERTAD - ECUADOR**

**2006**



UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA

**“OCURRENCIA DEL PROBLEMA DE MALOS SABORES  
(*Off-flavor*) EN CAMARONES CULTIVADOS EN LAS ZONAS  
DE BAHÍA DE CARÁQUEZ Y PEDERNALES, PROVINCIA  
DE MANABÍ, ECUADOR, DURANTE EL PERÍODO DE  
MAYO-SEPTIEMBRE DEL 2004”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO MARINO**

**JORGE ENRIQUE MALAVÉ CARRERA**

LA LIBERTAD – ECUADOR

2006

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA

**“OCURRENCIA DEL PROBLEMA DE MALOS SABORES  
(Off-flavor) EN CAMARONES CULTIVADOS EN LAS ZONAS  
DE BAHÍA DE CARÁQUEZ Y PEDERNALES, PROVINCIA  
DE MANABÍ, ECUADOR, DURANTE EL PERÍODO DE  
MAYO-SEPTIEMBRE DEL 2004”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**BIÓLOGO MARINO**

**JORGE ENRIQUE MALAVÉ CARRERA**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

2006

# DECLARACIÓN EXPRESA

## DEDICATORIA

“La responsabilidad por las investigaciones, resultados y discusiones expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma al CENTRO NACIONAL DE ACUACULTURA E INVESTIGACIONES MARINAS (CENAIM)” y a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA (UPSE).

---

**Jorge Enrique Malavé Carrera**

# AGRADECIMIENTO

## DEDICATORIA

Agadeczo primeramente a Dios, por darme salud, familia, capacidad y la oportunidad de alcanzar mis objetivos y más en esta vida.

Mis sinceros agradecimientos al Centro Nacional de Agricultura e Invernaderos  
**A mi padre desde el cielo, por ser mi fuente de inspiración a la superación, siempre me inculcó el amor al estudio. A mi madre y hermanos que con el mayor de los esfuerzos, supieron apoyarme hasta culminar con mi ciclo de estudios.**

A Laurence Massart Ph.D. profesor de mi tesis en CIRAD, gracias por su acertada dirección en la elaboración de este trabajo.

**Jor.ma.c**

Al M.Sc. Volney Bisso por las facilidades brindadas dentro del Centro de Investigaciones.

A las autoridades de la Universidad Estatal Politécnica de Santa Elena, entidad líder en el proceso de formación profesional postsecundaria, gracias por creer que en esta región de la patria hay talento para el desarrollo.

Al Bijo. Richard Dujon, tutor de esta tesis en la UPSB, gracias por estar con mí con paciencia y profesionalismo.

Al Académico Pablo Lombardi, por su ayuda en los contactos con las comunidades en la zona de Masubi.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. Oswin Crespo, Sr. Michael Ortega, Sr. Segundo Zapata, Digno Jaime Cruz,

Agradezco primeramente a Dios, por darme salud, fortaleza, capacidad y la oportunidad de alcanzar un objetivo más en mi vida.

Alfredo Mesa, propietario de la comunidad La Perla; Pablo Gutiérrez, propietario

Mis sinceros agradecimientos al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), al haberme dado todas las facilidades económicas y materiales para desarrollar mi trabajo de tesis en esta prestigiosa institución.

A Laurence Massaut Ph.D. promotora de mi tesis en CENAIM, gracias por su acertada dirección en la elaboración de este trabajo.

Ingeniero del Control de calidad. A la Uga Alexander Bermúdez y Cristina

Al M.Sc. Enrique Blacio por las facilidades brindadas dentro del Centro de Investigaciones.

A mis compañeros de programa: Marcela, Matiza, Marlina, Yessica, Yocelyn,

A las autoridades de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, entidad líder en el proceso de formación profesional peninsular, gracias por creer que en esta región de la patria hay madera para el desarrollo.

Al Blgo. Richard Duque, tutor de esta tesis en la UPSE, quién orientó este trabajo con paciencia y profesionalismo.

Al Acuicultor Pablo Lombeida, por su ayuda en los contactos con los camareros en la zona de Manabí.

Al Ing. Oswin Crespo; Sr. Manuel Ortega; Sr. Segundo Zapata, Blgo. Jaime Cruz; propietarios y jefe de producción de las camareras La Violeta, Los Ángeles, Bonderosa y CENAIM, respectivamente en la zona de Pedernales. Al Ing. Alfredo Mera, propietario de la camarera La Perla; Pablo Gutiérrez, propietario de las camareras Benneton y Canema; al Sr. Mario Velásquez propietario de la camarera Puccio, en la zona de Bahía de Caráquez, quienes dieron todas las facilidades para efectuar los muestreos en las piscinas seleccionadas.

Al Ing. Rodrigo Vélez, propietario de empacadora Edpacif en Coaque-Pedernales, por la apertura para realizar las pruebas sensoriales de las muestras en el laboratorio del Control de calidad. A la Tlga. Alexandra Bermúdez y Cristina Vera, por la su paciencia en el análisis sensorial de las muestras colectadas.

A mis compañeros de pregrado Mariela, Maritza, Marthita, Yessenia, Yomara, Francisco, Alfonso, Marcelo; y a mi amigo del alma Carlos Gonzabay por brindarme su amistad y aliento para seguir adelante en la conclusión de este trabajo.

**Jor.ma.c**

INDICE GENERAL  
**TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

Indice general

Indice de profesores

Indice de temas

Gonzalo

Ing. Gonzalo Tamayo Castañeda

Decano de la Facultad

Blgo. Richard Duque Marín

Director de Escuela

Introducción

Justificación

Objetivo

Blgo. Richard Duque Marín

Profesor Asesor

Blga. Erika Salavarría Palma

Docente de Área

Hipótesis de trabajo

1. LA ACUICULTURA EN CAMBIO Y EL PROBLEMA DE  
MAYORES SABORES

Ab. Pedro Reyes Láinez

Secretario General-Procurador

1.1) Desarrollo

1.2) La construcción

1.3) Situación

1.4) Producción de casarín en Ecuador

1.5) Características de cultivo de casarín

1.5.1) Características de la Granja

## ÍNDICE GENERAL

Índice general	vii
Índice de gráficos	xii
Índice de tablas	xiii
Glosario	xiv
Abreviaturas	xxii
Resumen	xxv
Introducción.	1
Justificación.	2
Objetivos.	4
Objetivo general.	4
Objetivos específicos.	4
Hipótesis de trabajo.	5
<b>1. LA ACUACULTURA DEL CAMARÓN Y EL PROBLEMA DE MALOS SABORES (<i>Off-flavor</i>).</b>	<b>32</b>
1.1. Desarrollo de la acuacultura del camarón.	6
1.2. La camaronicultura en Ecuador.	7
1.3. Sistemas de cultivo empleados en Ecuador.	8
1.4. Producción de camarón en Ecuador.	11
1.5. Enfermedades en cultivos de camarones.	13
1.5.1. Síndrome de la Gaviota.	14

1.5.2. Síndrome de Taura.	15
1.5.3. Síndrome del Virus de la Mancha Blanca (WSSV).	16
1.6. Problemas ecológicos ocasionados por la acuicultura del camarón.	17
1.7. Ecosistema de una piscina camaronera.	18
1.8. Fitoplancton en piscinas camaroneras.	21
1.9. Eco-fisiología de las cianobacterias.	24
1.9.1. Pigmentos.	25
1.9.2. Hábitats.	26
1.9.3. Condiciones ambientales que favorecen su desarrollo.	26
1.9.3.1. Temperatura alta del agua.	27
1.9.3.2. Baja intensidad de luz.	27
1.9.3.3. Concentración de nutrientes.	28
1.9.3.4. Regulación de su flotabilidad.	29
1.9.3.5. Baja depredación por parte del zooplancton.	31
1.9.3.6. Baja concentración de dióxido de carbono y alto pH.	31
1.10. El problema de malos sabores "Off-flavor".	32
1.10.1. Compuestos químicos causantes de "Off-flavor".	33
1.10.1.1. Geosmina (GSM).	34
1.10.1.2. 2-Metilisoborneol (MIB).	36
1.10.2. Nivel fisiológico del Off-flavor.	36
1.10.2.1. Captación.	37
1.10.2.2. Depuración.	38
1.10.3. Posibles tratamientos del "Off-flavor".	39

1.10.3.1.	Eliminación natural.	40
1.10.3.2.	Transferencia a otras piscinas.	40
1.10.3.3.	Uso de herbicidas.	40
1.10.3.4.	Ricinoleato de potasio.	41
1.10.3.5.	Sulfato de cobre.	41
1.10.3.6.	Mezcla de la columna de agua.	44
1.10.4.	Análisis sensoriales (Pruebas de sabor).	44
1.10.4.1.	Intensidad de sabores.	45
1.10.4.2.	Descriptor de sabores en peces.	47

## **DETERMINACIÓN DE LA OCURRENCIA DE MALOS SABORES (Off-flavor).**

2.1.	Descripción del área de estudio.	48
2.2.	Manejo del experimento.	50
2.2.1.	Trabajo de campo.	50
2.2.1.1.	Parámetros ambientales.	50
2.2.1.2.	Muestra de agua para conteo de fitoplancton.	51
2.2.1.3.	Muestras de camarones.	51
2.2.2.	Trabajo de laboratorio.	52
2.2.2.1.	Análisis de muestras de fitoplancton.	52
2.2.3.	Análisis sensorial (Pruebas de Sabor).	53
2.3.	Análisis Estadístico.	53
2.3.1.	Análisis de Componentes Principales (ACP).	53
2.3.2.	Datos evaluados.	54

## **OCURRENCIA DE MALOS SABORES (*Off-flavor*) EN LAS ZONAS DE BAHÍA DE CARÁQUEZ Y PEDERNALES.**

3.1. Manejo de cultivos en Manabí -----	56
3.1.1 Parámetros ambientales -----	58
3.2. Identificación y cuantificación de Fitoplancton -----	60
3.3. Análisis de malos sabores ( <i>Off-flavor</i> ). -----	63
3.3.1. Ocurrencia de malos sabores. -----	63
3.4. Análisis de Componentes Principales (ACP) -----	69
3.4.1. Análisis de Regresión Múltiple.-----	71

## **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA OCURRENCIA DE MALOS SABORES.**

4.1. Manejo de cultivos en Manabí -----	56
4.2. Parámetros ambientales -----	76
4.3. Fitoplancton -----	79
4.4. Análisis de malos sabores -----	80
4.5. Análisis de Componentes Principales (ACP) -----	82
4.6. Análisis de Regresión Múltiple -----	83

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Figura 1:</b>	Exportaciones Ecuatorianas de camarón de 1993 al 2004. -----	12
<b>Figura 2:</b>	Exportaciones del Ecuador en el 2004 en libras y en dólares -----	12
<b>Figura 3:</b>	Efecto de las enfermedades en las exportaciones del Ecuador (1979-2000)-----	17
<b>Figura 4:</b>	Dinámica de alimento y nutrientes en una piscina de engorde de camarón-----	20
<b>Figura 5:</b>	Estructura química de Geosmina. -----	34
<b>Figura 6:</b>	Estructura química de 2-Metilisoborneol -----	36
<b>Figura 7:</b>	Ubicación de las zonas de muestreos, Pedernales y Bahía de Caráquez, Provincia de Manabí, Ecuador.-----	49
<b>Figura 8:</b>	Fluctuación de valores en los parámetros ambientales en las zonas de Bahía de Caráquez y Pedernales durante el período de muestreo: (a) Temperatura; (b) Salinidad; (c) pH; (d) Lectura de Disco Secchi. -----	59
<b>Figura 9:</b>	Fluctuación del conteo total de: Fitoplancton, Synechocystis, Oscillatoria, Anabaena, Anabaenopsis durante el período de muestreo: (a) Zona de Bahía de Caráquez; (b) Zona de Pedernales.-----	62
<b>Figura 10:</b>	Evolución de Sabor a Palo Seco y Sabor a Choclo durante el ciclo de producción en las camaroneras: (a) Benneton; (b) Canema; (c) La Perla; (d) Puccio, en la zona de Bahía de Caráquez. -----	66
<b>Figura 11:</b>	Evolución de Sabor a Palo Seco y Sabor a Choclo durante el	

	ciclo de producción en las camaronas: (a) CENAIM; (b) La Violeta; (c) Los Ángeles; (d) Ponderosa, en la zona de Pedernales. -----	67
<b>Figura 12:</b>	Porcentajes de ocurrencia de malos sabores ( <i>Off-flavor</i> ) en Manabí durante el período de muestreo: (a) Pedernales; (b) Bahía de Caráquez. -----	68
<b>Figura 13:</b>	Porcentajes de <i>Off-flavor</i> en la zona de Pedernales detectados en empacadora EDPACIF durante el período de estudio. -----	68
<b>Figura 14:</b>	Porcentaje de consistencia de descriptivos de <i>Off-flavor</i> según criterios de empacadora EDPACIF y L. Massaut (CENAIM), de muestras colectadas en las zonas de Bahía -----	69
<b>Figura 15:</b>	Valores propios y porcentajes de Varianza explicada. Los 7 primeros componentes principales explicaron el 59 % de variabilidad de los datos. -----	69
Tabla VI:	Principales causas de malos sabores detectados en las camaronas de la zona de muestreo -----	71
Tabla VII:	Descripción detallada por empacadora EDPACIF y L. Massaut de diferentes muestreos de camaronas -----	74
Tabla VIII:	Valores propios y varianza explicada por los componentes principales -----	75
Tabla IX:	Coefficientes de correlación entre variables originales y los componentes principales -----	76
Tabla X:	Regresiones múltiples obtenidas con sus respectivas ecuaciones de determinación y ajuste -----	77

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I:</b>	Distribución de las granjas camaroneras en Ecuador de acuerdo a las zonas de localización -----	8
<b>Tabla II:</b>	Características principales de los diferentes sistemas utilizados para el cultivo de peneidos alrededor del mundo. -----	11
<b>Tabla III:</b>	Cianobacterias que se reporta son productoras de Geosmina y 2-Metilisoborneol. -----	35
<b>Tabla IV:</b>	Escala de descriptivos otorgados a intensidades de sabores en peces. -----	46
<b>Tabla V:</b>	Rendimiento y manejo de piscinas en las zonas de Bahía de Caráquez y Pedernales. -----	57
<b>Tabla VI:</b>	Promedios de conteos totales de fitoplancton en las diferentes zonas de muestreos. -----	61
<b>Tabla VII:</b>	Descriptivos otorgados por empacadora EDPACIF a diferentes muestras de camarones. -----	63
<b>Tabla VIII:</b>	Valores propios y varianza explicada por los componentes principales. -----	70
<b>Tabla IX:</b>	Coefficientes de correlación entre variables originales y los componentes principales (CP). -----	71
<b>Tabla X:</b>	Regresiones múltiples obtenidas con sus respectivos coeficientes de determinación ajustados. -----	73

## GLOSARIO

**Abiótico.** Lugar en que la vida es imposible. Factor propio del medio que ejerce su influencia sobre las poblaciones que en él habitan. Por ejemplo: la penetración de la luz solar.

**Aguajes.** Crecientes grandes de mar. Agua que entra en los puertos y sale ellas en las mareas.

**Alga.** Planta acuática que realiza su fotosíntesis por medio de pigmentos verdes, rojos, amarillos o cafés. Puede estar formada por una o varias células.

**Anoxia** - Una condición donde no está presente el oxígeno. Muchas de las “zonas anóxicas” son anaeróbicas, con absolutamente nada de oxígeno, una condición en la que el gas tóxico sulfuro de hidrógeno es emitido en el proceso de descomposición.

**Baja de oxígeno.** Condición que normalmente ocurre durante la noche, en la cual el oxígeno disuelto en el agua del estanque se agota principalmente por la descomposición de materia orgánica y la respiración de los organismos del estanque.

**Bacteria.** Organismos unicelulares que solo pueden ser vistos al microscopio. Comparados con los protozoarios y su organización es menos compleja y normalmente miden menos de 1/5000 pulg. Muchas de sus especies viven en aguas dulces o marinas.

**Bentos.** Comunidades de animales o plantas que descansan sobre o poca distancias de fondo.

**Bentónicos.** Se dice de los organismos que se desarrollan en íntima asociación con el sustrato.

**Bioacumulación.** Incremento en la concentración de sustancias químicas liposolubles de lenta degradación en los organismos de niveles tróficos sucesivamente superiores de una cadena alimenticia.

**Bioconcentración.** Acumulación de una sustancia peligrosa en una parte particular del cuerpo.

**Biomasa.** Peso total en seco de todos los organismos vivos que pueden sostenerse en cada nivel trófico de una cadena alimenticia; peso en seco de toda la materia orgánica en plantas y animales en un ecosistema.

**Biotransformación.** Cualquier transformación química de una sustancia producida por organismos vivos o por preparaciones obtenidas de estos.

**Bloom.** Ver florecimiento.

**Branquia.** Órgano respiratorio de animales acuáticos.

**Cadena alimenticia.** Serie o sucesión de organismos, cada uno de los cuales comen o degradan al precedente.

**Carnívoro.** Animal que come carne y así obtiene su energía en forma indirecta a partir de los productos primarios.

**Clorofila.** Pigmento verde fotosintético que se encuentra en las células vegetales, incluso en las algas.

**Compuerta.** Plancha fuerte de madera o de hierro, que se desliza por correderas, y se coloca en los canales, diques, etc., para guardar o cortar el paso de agua.

**Consumidores.** Organismos que se nutren ya sea directamente a partir de vegetales (herbívoros), o indirectamente, a partir de un productor representado por los seres herbívoros (carnívoros).

**Contaminación.** Presencia de sustancias o materias extrañas en el agua, particularmente aquellas que dificultan su utilización

**Cosecha.** Masa total de organismos que se extraen de una piscina.

**Crustáceo.** Animal del grupo de los artrópodos, con antenas, patas articuladas, respiración por branquias y cuerpo protegido por una cubierta gruesa como el camarón y la langosta.

**Diatomea.** Vegetal microscópico formado por lo general por una sola célula rodeada de una cubierta de sílice, que vive en agua dulce o salada.

**Dinoflagelado.** Organismo unicelular con características de animal o planta.

**Disco Secchi.** Disco circular que mide aproximadamente 20 cm de diámetro, el cual se utiliza para medir la abundancia del plancton en el agua.

**Fertilización.** Agregar abonos al agua que permitan que en ella se desarrollen organismos que serán la base para el establecimiento de las cadenas de alimentación.

**Larva.** Etapa en el ciclo de desarrollo de los animales entre el huevo y el adulto.

**Fitoplancton.** Vegetales, generalmente microscópicos, que se encuentran flotando en el seno de las aguas dulces o marinas.

**Florecimiento.** Conocido también como “bloom”, es el incremento en la abundancia del fitoplancton como resultados de la fertilización.

**Fósforo.** Elemento químico presente en el medio acuático en forma de fosfatos.

**Fotosíntesis.** Proceso mediante el cual los vegetales verdes transforman sustancia inorgánica: agua y sales minerales, en sustancia orgánica: glúcidos, lípidos y prótidos, interviniendo la clorofila y fijando la energía del Sol.

**Hábitat.** Características fisicoquímicas y biológicas de un lugar donde se encuentra una especie vegetal o animal.

**Herbicida.** Compuesto químico para matar una planta o inhibir su crecimiento.

**Hongos.** Organismos eucarióticos, en su mayor parte multicelulares, tales como setas, mohos y levaduras. Son degradadores o descomponedores que obtienen los nutrientes que necesitan secretando enzimas que degradan la materia orgánica existente en los tejidos de otros organismos vivos o muertos. Después de esto, absorben los nutrientes que resultan.

**Larva.** Periodo en el ciclo de desarrollo de los animales entre embrión y adulto.

**Metabolismo.** Suma de todos los procesos químicos y físicos que tienen lugar en un organismo; en sentido más estricto, cambios físicos y químicos que sufre una sustancia en un organismo. Incluye la incorporación y distribución en el organismo de los componentes químicos, los cambios (biotransformaciones sufridas) y la eliminación de los compuestos y de sus metabolitos.

**Metabolito.** Cualquier producto intermedio o final resultante del proceso de transformación metabólico de los alimentos en el interior de las células o de los seres vivos. Biotransformación.

**Micrón ( $\mu$ ).** Número equivalente a  $1 \times 10^{-6}$

**Monocultivo.** Sistema de cultivo que produce un solo tipo de cosecha.

**Nutrientes.** Sustancia, como los nitritos, que absorbidos por los organismos son esenciales con materia prima para su crecimiento.

**Oxígeno disuelto.** ( $O_2$ ) cantidad de oxígeno elemental presente en estado de solución en el agua. Se expresa por lo regular en partes por millón (ppm) (en peso), o en miligramos de oxígeno por cada litro de agua.

**pH.** Índice numérico que señala la acidez o alcalinidad relativa de una sustancia en una escala de 0 – 14, con el punto de neutralidad en 7. Las soluciones ácidas

tienen un pH menor que 7, y las básicas o alcalinas, pH mayor con 7.

**Plancton.** Comunidad de organismos microscópicos que vive flotando en las aguas.

**Población.** Aquella que está integrada por individuos que forman una unidad biológica proveniente de un mismo lugar de desove, con parámetros definidos y característicos que permiten individualizarse de otra población.

**Protozoos.** Organismos microscópicos unicelulares. Normalmente son más grandes que las bacterias.

**Refractómetro.** Instrumento que requiere solo de una pequeña muestra de agua para medir la salinidad.

**Salinidad.** En oceanografía, el contenido de sal del agua de mar, por lo general se mide en partes por mil (‰).

**Turbidez.** Apariencia opaca del agua debida a la presencia de partículas en suspensión (plancton, tierra, etc).

**Virus.** Agente infeccioso específico; invade vegetales, animales y bacterias. Solamente se multiplica dentro de la célula huésped. Presenta tamaño

submicroscópico.

## ABREVIATURAS

**Zooplankton.** Plancton formado por animales: protozoos, larvas de esponja y cnidarios, gusanos, equinodermos, moluscos, crustáceos y otros artrópodos acuáticos y huevos y larvas de peces.

BCE	Banco Central del Ecuador
CIHISEN	Centro de Investigación Integrada de Recursos Naturales por Scripps Institution
CNA	Comisión Nacional de Alimentos
EDPACIF	Educación del Pacífico
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas)
GSM	Genomas
MRE	Metarobots
TM	Tentacles (tentacles)
US-EPA	United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos)
WSNV	White Spot Syndrome Virus (Síndrome del Virus de la Mancha Blanca)

## ABREVIATURAS

<b>APHA</b>	American Public Health Association (Asociación Americana para la Salud Pública.
<b>BCE</b>	Banco Central del Ecuador
<b>CLIRSEN</b>	Centro de Levantamiento Integrado de Recursos Naturales por Sensores Remotos
<b>CNA</b>	Cámara Nacional de Acuicultura
<b>EDPACIF</b>	Empacadora del Pacífico
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas)
<b>GSM</b>	Geosmina
<b>MIB</b>	2-Metilisoborneol
<b>TM</b>	Toneladas métricas
<b>US-EPA</b>	(United States – Environmental Protection Agency) Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos.
<b>WSSV</b>	White Spot Syndrome Virus (Síndrome del Virus de la Mancha Blanca).

## SÍMBOLOS

$\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$	Carbonato de calcio por litro
cm	Centímetro
$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Sulfato de cobre
$^{\circ}\text{C}$	Grado Celcius
g	Gramo
ha	Hectárea
$\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$	Kilogramos por hectárea por año
$\text{Lb}\cdot\text{ha}^{-1}$	Libras por hectárea
$\text{LC}_{50}$	Concentración letal al 50%
m	Metro
$\text{m}^2$	Metro cuadrado
mg	Miligramo
$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	Miligramo por litro
mL	Mililitro
mm	Milimetro
N:P	Nitrógeno : Fósforo
$\text{PL}'\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$	Postlarvas por metro cuadrado
ppt	part per thousand (Partes por mil)
Pulg	Pulgada

$\mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	Micro Einstein por metro cuadrado por segundo
$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$	Microgramo por kilogramo
$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	Microgramo por litro
$\mu\text{L}$	Microlitro

Se realizó la colecta de la población de *Synsphyria* en piscinas termomineras ubicadas en el cerro de Bahía de Chiquiza y Pedernales (Provincia de Michalí, Ecuador), durante el periodo de Mayo y Septiembre del 2014. Se visitaron 31 estanques de cultivo de cañaña de la zona la "Pesquera varadero" (14 en Bahía de Chiquiza y 17 en Pedernales, distribuidos en 8 comunidades), las piscinas fueron visitadas cada dos veces en promedio, para efectuar la recolección de datos de parámetros físico-químicos, muestras de agua para análisis litológicos y grupo predominante. El *Synsphyria* fue distinguido por *Synsphyria* (*Synsphyria* spp) constituyendo con el 56.3 ± 3.7 % de abundancia de la población total. A partir de los 2 g de peso promedio, se tomaron muestras de 30 organismos para efectuarlos a pruebas de sabor. Se obtiene un número con 6 descriptivos de sabores: Salso (Solo Sal), Chocado, Linduloso, Amargo de postro, Linduloso y los otros no se reconocen y presentar malos sabores a partir de los 43 días de cultivo. Pedernales, fue la zona con menor incidencia de malos sabores, donde se encontró un 16.7 ± 29.2 % de Salso y Solo Sal y 0.8 ± 17.8 % de Salso y Chocado. Bahía de Chiquiza, fue la zona donde hubo una mayor abundancia de Solo Sal con un 77.5 ± 13.5 %; el 98.9 ± 0.9 % de Chocado tuvo una abundancia de 46.8 ± 25.9 %. Se determinó que el 72.7 ± 33.9 % de las muestras presentaban coincidencia en cuanto a criterios de descriptivos de sabores. La regresión obtenida para el salso y chocado fue altamente significativa y positiva el

## RESUMEN

Se estudió la ocurrencia del problema de *Off-flavor* en piscinas camaroneras ubicadas en el estuario de Bahía de Caráquez y Pedernales (Provincia de Manabí, Ecuador), durante el período de Mayo y Septiembre del 2004. Se monitoearon 31 estanques de cultivos de camarón de la especie *Penaeus vannamei* (16 en Bahía de Caráquez y 15 en Pedernales, distribuidas en 8 camaroneras), las piscinas fueron visitadas cada dos semanas promedio, para efectuar la recolección de datos de parámetros físico químicos; muestras de agua para cuantificar fitoplancton y grupos predominantes. El fitoplancton fue dominado por cianobacterias (*Synechocystis* spp) contribuyendo con el  $96.3 \pm 5.7$  % de abundancia de la población total. A partir de los 2 g de peso promedio, se tomaron muestras de 30 camarones para someterlos a pruebas de sabor. Se elaboró un listado con 6 descriptivos de sabores: Bueno; Palo Seco; Choclo; Lodo/tierra; Aceite de pescado; Combustible. Las piscinas empezaron a presentar malos sabores a partir de los 43 días de cultivo. Pedernales, fue la zona con menor incidencia de malos sabores, donde se encontró un  $16.7 \pm 29.2$  % de Sabor a Palo Seco y  $12.8 \pm 17.8$  % de Sabor a Choclo. Bahía de Caráquez, fue la zona donde hubo una mayor ocurrencia de Palo Seco con un  $17.5 \pm 13.5$  %; el Sabor a Choclo tuvo una ocurrencia de  $46.0 \pm 23.5$  %. Se determinó que el  $72.7 \pm 38.9$  % de las muestras presentaron consistencia en cuanto a criterios de descriptivos de sabores. La regresión obtenida para el sabor a choclo fue altamente significativa y explicó el

43.7 % de su variabilidad. Lo que demuestra, que la ocurrencia del sabor a choclo está principalmente asociada con la dominancia de cianobacterias filamentosas de los géneros *Anabaena* y *Oscillatoria*, dentro de la población fitoplanctónica e inversamente relacionada con la presencia de los géneros *Closterium* (alga verde) y *Chroococcus*. Se explicó sólo el 10.5 % de la variabilidad del sabor a palo seco a través de relaciones inversas con variables que fueron asociadas anteriormente con el sabor a choclo. No se piensa que estas variables pueden predecir la ocurrencia del problema de sabor a palo seco, pero que refleja la percepción de los productores, que el sabor a palo seco sucede justo después de un evento de sabor a choclo y que podría representar un mal sabor derivado del sabor a choclo.

## INTRODUCCIÓN.

El camarón blanco (*Penaeus vannamei*) es la especie mayormente cultivada en Ecuador. Se siembra directamente entre 7 y 15 PLs.m<sup>-2</sup> en piscinas de 1 a 15 ha. Generalmente, se adiciona fertilizantes durante las primeras semanas del cultivo para incrementar la disponibilidad de alimento natural.

Para mejorar el crecimiento, se utiliza alimento balanceado (20–40 % de proteínas) con una tasa de alimentación que oscila entre el 1 y 10 % de la biomasa, la cual disminuye a medida que crece el camarón. Después de 90 a 120 días, los camarones llegan a un peso de 12 a 16 g y se cosechan a través del drenado completo de la piscina, donde se obtiene en promedio 800 Lb.ha<sup>-1</sup>. Para evitar problemas de baja concentración en oxígeno disuelto al final del cultivo, se efectúan recambios entre 5 y 10 % del volumen total de la piscina diariamente.

A finales de la década del 80, compradores en Estados Unidos empezaron a rechazar el camarón producido en Ecuador debido a “malos sabores” o sabores objetables. En esta época, esta anomalía fue solamente asociada con un sabor “a choclo” o “a moho”. En la actualidad, las empresas empacadoras someten a los camarones a pruebas rutinarias de sabores antes de autorizar la cosecha para evitar problemas de rechazo en los mercados internacionales. Se toman muestras al azar, generalmente entre 10 y 25 camarones por piscina, que son cocidos y

posteriormente probados (catados) por personal capacitado de las empacadoras, para asegurar un buen sabor.

Los descriptivos asociados con malos sabores son los siguientes: sabor a choclo, sabor a palo seco, sabor a metales, sabor a materia orgánica o fondo, sabor a sangre o cabeza amarga. A estos descriptivos se les da un nivel de intensidad de leve, moderado o fuerte. El mal sabor en el camarón es un problema importante que altera el programa de cosecha o disminuye un 20 % el valor comercial del producto (R. Vélez, comunicación personal, Empacadora del Pacífico, Pedernales, Ecuador; Martin *et al*, 1991). En ambos casos, la mala calidad del producto significa pérdidas económicas significativas a las empresas acuícolas (Roa, 1998), teniendo los productores que continuar alimentando a los camarones para mantener el peso.

## **JUSTIFICACIÓN.**

Existe poco conocimiento sobre los orígenes de estos malos sabores en camarones. En el caso de sabor a choclo/tierra se sospecha que cianobacterias de los géneros *Anabaena* u *Oscillatoria* presentes en la columna de agua o en los sedimentos producen el compuesto Geosmina, característico de este olor (Lovell y Broce, 1985). Este fenómeno está generalmente asociado con la época de lluvia y baja salinidad en las piscinas de producción. En el resto de los casos no se conocen los causantes, sin embargo, personal técnico de camaroneras y de plantas

procesadoras apuntan a posibles técnicas de manejo. Baja adición de alimento balanceado y dependencia de la alimentación natural podría causar el sabor a palo seco. La presencia de materia orgánica en los fondos o de algas bénticas también podría ser relacionada con el sabor a palo seco. Jiménez (1983) reporta que productores piensan que cambios significativos en la dieta alimenticia de los camarones pueden afectar su sabor.

Este estudio fue conducido para determinar la ocurrencia del problema de *Off-flavor*, en piscinas camaroneras ubicadas en el estuario de Bahía de Caráquez y Pedernales (Provincia de Manabí), su relación con parámetros físicos, químicos o biológicos en las piscinas o con prácticas de manejo y luego recomendar medidas que se podrían aplicar para el control de sabores no deseables en el camarón antes de su cosecha.

Determinar el momento en que se presentó el problema de *off-flavor* en piscinas camaroneras y estimar el impacto de este problema en el cultivo de camarón en la zona de Bahía de Caráquez y Pedernales.

Comprobando las mismas muestras de camarones, demostrar la consistencia del uso actual de los descriptivos de malos sabores utilizados actualmente en el Ecuador, es a veces muy criticada por los productores.

## **OBJETIVOS.**

### **OBJETIVO GENERAL.**

- Estudiar el problema de malos sabores (*Off-flavor*) en camarones cultivados en las zonas de Bahía de Caráquez y Pedernales, provincia de Manabí, Ecuador.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Establecer una lista de los diferentes descriptivos de los malos sabores (*Off-flavor*) utilizados por plantas empacadoras y comprobar su consistencia entre empacadoras.
- Caracterizar población de fitoplancton presente en la columna de agua en los estanques de cultivo de camarón, ejecutando muestreos quincenales para determinar concentración del mismo.
- Relacionar episodios de “sabor a choclo” y “sabor a palo seco” con parámetros físico-biológicos en las piscinas y/o técnicas de manejo empleadas.

## HIPÓTESIS DE TRABAJO.

1. LA ACUACULTURA DEL CAMARÓN Y EL  
H0= No se puede relacionar episodios de malos sabores con presencia de cianobacteria, baja salinidad o técnica de manejo.

H1= Los problemas de “sabor a choclo” y/o “sabor a palo seco” se relacionan con la presencia de cianobacterias, parámetros físico-químicos y/o técnicas de manejo.

En 1985, el 90 % de la oferta mundial de camarón fue de origen salvaje y el 10% era cultivado en granjas. Con el impulso de la acuicultura de la década de los 2000, el 50 % de la producción mundial fue cultivada.

Aproximadamente dos tercios del camarón que se exporta a los mercados Unidos es cultivado en granja, irrefutablemente sin la acuicultura, la oferta y demanda en el mercado del camarón sería poco prometedor. Aproximadamente el 50 % de dicho consumo fue impulsado de alrededor de 30 países; el resto (15 %) fue obtenido de la producción de especies autóctonas.

La producción global de las pesquerías multiespecíficas alcanzó su máxima nivel de 1989 con unos 90 millones de toneladas métricas (TM), y desde entonces estas pesquerías han continuado siendo explotadas muy lejos de este nivel, con probabilidades muy bajas de alcanzar el máximo de producción sostenible posible. Cualquier producción adicional viene por ser generada por la acuicultura (Barry, 2001).

# **1. LA ACUACULTURA DEL CAMARÓN Y EL PROBLEMA DE MALOS SABORES (*Off-flavor*).**

## **1.1. DESARROLLO DE LA ACUACULTURA DEL CAMARÓN.**

En 1985, el 98 % de la oferta mundial de camarón fue de origen silvestre y el 2 % era cultivado en granjas. Con el impresionante desarrollo de la acuacultura, en el 2002, el 50 % de la producción mundial fue cultivado.

Aproximadamente dos tercios del camarón que se exporta a los Estados Unidos es cultivado en granja, indudablemente sin la acuacultura, la oferta y demanda en el mercado del camarón sería poco prometedora. Aproximadamente el 85 % de dicho consumo fue importado de alrededor de 50 países; el resto (15 %) fue obtenido de la producción doméstica estadounidense.

La producción global de las pesquerías tradicionales alcanzó su máximo nivel en 1989 con unos 90 millones de toneladas métricas (TM), y desde entonces estas pesquerías han continuado siendo explotadas muy cerca de este nivel, que probablemente está próximo al máximo de producción sostenida posible. Cualquier producción adicional tiene que ser generada por la actividad de la acuicultura (Darryl, 2001).

En los últimos diez años la acuicultura fue el único sector de las pesquerías que creció, y el desarrollo de los cultivos de camarón tuvo mucho que ver con este crecimiento; ha venido ganando mayor fuerza, y se anticipa que su contribución a la demanda mundial de productos acuáticos debe seguir en aumento indefinidamente (Darryl, J. 2001).

Existen más de 100 países a nivel mundial que participan en el “negocio del camarón”, capturando el producto en alta mar o proveniente de la acuicultura, la cría de este crustáceo es una industria exportadora importante (Tobey *et al.*, 1998).

Las principales naciones productoras de camarón en el hemisferio occidental son: Ecuador, México, Honduras y Brasil (Marriott, 2003), casi toda la producción de cultivo de Latinoamérica es destinada a la exportación al mercado de Estados Unidos de América (Tobey *et al.*, 1998). En 1999, entre los mayores productores de camarón de piscina se encontraban Tailandia con el 25 % de la producción mundial, China con el 14 %, Indonesia con el 12 %, Ecuador con el 10 %, India con el 9 % y Vietnam con el 5 %, (Marriott, 2003).

## **1.2. LA CAMARONICULTURA EN ECUADOR.**

La actividad camaronera en Ecuador empezó en 1968 en la provincia de El Oro, donde se hicieron los primeros intentos de cultivos de camarón en cautiverio,

(Libro blanco del camarón, 1993), extendiéndose después a las otras provincias asentadas al filo costero.

Según el CLIRSEN (Quito, Ecuador), en 1998 la extensión total de piscinas camaroneras fue de 176.254 ha y la Subsecretaría de Recursos Pesqueros registró un total de 2.006 granjas camaroneras (Tabla I), de las cuales el 63% tenían extensiones entre 1 y 50 ha (Vissers y Saldías, 2000).

**Tabla I.** Distribución de las granjas camaroneras en Ecuador de acuerdo a las zonas de localización.

Provincias	Total de camaroneras	Distribución por superficie (%)	Zonas de localización	
			Altas	De playa
Guayas	976	49	456	520
El Oro	448	22	154	294
Manabí	407	20	211	196
Esmeraldas	175	9	95	80
<b>Total</b>	<b>2006</b>	<b>100</b>	<b>916</b>	<b>1090</b>

**Fuente:** Subsecretaría de Recursos Pesqueros. 1998

### 1.3. SISTEMAS DE CULTIVO EMPLEADOS EN ECUADOR.

En el Ecuador se utilizan tres métodos de cultivo de camarón, entre los que mencionamos: Extensivo, Semi-intensivo e Intensivo.

### 1.3.1. SISTEMA EXTENSIVO.

El método extensivo es el más simple, es empleado en las granjas de cultivo de la provincia de El Oro, donde se originó el cultivo de camarón en Ecuador (Mc Padden 1985). Este sistema de cultivo presenta bajos niveles de tecnología, es usado donde hay infraestructura limitada, asociada a la capacidad de carga que tiene el estanque, con densidades de siembra entre 3 y 5 juveniles por metro cuadrado (Marriot, 2003). Las piscinas son grandes, generalmente entre 20 y 100 ha, y son construidas aprovechando los accidentes geográficos, los productores dependen de las mareas para proporcionar alimento al camarón, la alimentación ocurre naturalmente mediante intercambio de agua; en algunos casos se agrega fertilizantes o estiércol para aumentar el crecimiento de algas (Tobey *et al*, 1998). Los costos de construcción y operación son bajos así como los rendimientos de supervivencia, alrededor de 270 kg.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (Tabla II).

### 1.3.2. SISTEMA SEMI-INTENSIVO.

Este tipo de sistema se desarrolla en las provincias de Manabí, Guayas, El Oro y Esmeraldas, comprende una densidad de siembra de 4 a 12 animales por metro cuadrado. Las piscinas son de 5 a 15 ha, cuyas dimensiones permiten un mayor control en el manejo. Se utiliza alimentación suplementaria y fertilización a través del ciclo de cultivo y hay un monitoreo de las variables ambientales y la biomasa de los camarones, se intercambian de 0 al 25 % del agua por día. Los rendimientos

promedios de este sistema son de alrededor de 1.000 kg.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, con una duración de cultivo entre 120 y 140 días por cosecha (Tabla II). Un punto negativo de este sistema es que si se encuentran una gran cantidad de estanques de producción en un área pequeña, puede haber un efecto negativo sobre el medio ambiente.

### 1.3.3. SISTEMA INTENSIVO.

El método de cultivo intensivo solo ha sido usado experimentalmente en Ecuador y ha despertado poco interés dentro de los productores debido fundamentalmente a los altos niveles de inversión requeridos (Regueira. 2001).

En este método de cultivo, el nivel tecnológico es alto y se requiere personal especializado en varias disciplinas. Parte primordial de este tipo de cultivos yacen en los sistemas mecánicos de aireación y circulación de agua (bombeo para recambio) y en el uso exclusivo de alimentación balanceada y la dependencia de laboratorios de larvas para asegurar una siembra sana y libre de enfermedades.

El tamaño de las piscinas es relativamente pequeño (0.01–5 ha) y la densidad de siembra es mayor (hasta 200000 juveniles.ha<sup>-1</sup>). Las tasas de recambio oscilan desde un 30 al 300 %. Este tipo de cultivos está asociado a tasas de producción extremadamente altas (5000 -10000 kg.ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>).

**Tabla II.** Características principales de los diferentes sistemas utilizados para el cultivo de penaeidos alrededor del mundo.

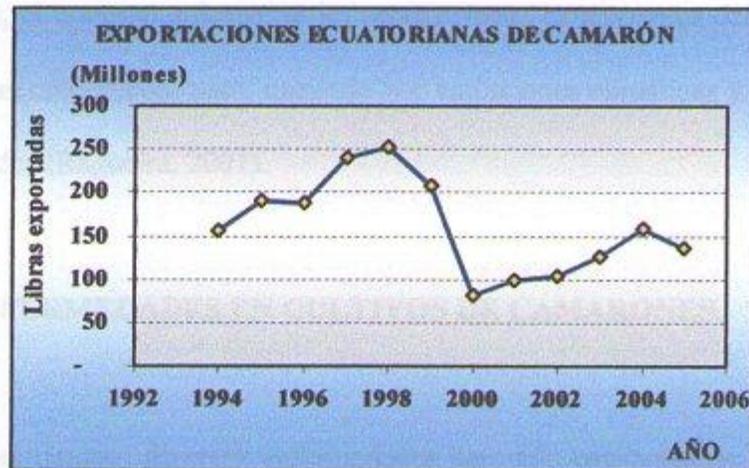
Características	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo
Tamaño de los estanques (ha)	> 10	5 - 25	0.1 - 5
Fuentes de semilla	Silvestre	Silvestre o Laboratorio	Laboratorio
Estanques de precría	No	Si	Si
Densidad de siembra (animales m <sup>-1</sup> )	<3	4 - 20	> 20
Recambio de agua (%)	0 - 5	5 - 10	>30
Aireación	No	A veces	Si
Tipo de alimento	Alimento natural y fertilización	Alimento suplementado y fertilización	Alimento formulado
Rendimientos (TM.ha <sup>-1</sup> )	0.05 - 0.5	0.5 - 5	5 - 20
Costos de Producción (USD.Kg <sup>-1</sup> )	1 - 3	2 - 6	4 - 8

**Fuente:** (Hirono 1983; Hirono y Leslie, 1992; Clifford 1992; Rosenberry 1995)

#### 1.4. PRODUCCIÓN DE CAMARÓN EN ECUADOR.

Cerca del 90% de la producción proviene de la cría en piscinas y es destinada a la exportación, principalmente al mercado de Estados Unidos (Tobey *et al.*, 1998). En la década de los 80, esta actividad experimentó un rápido desarrollo, lo que posicionó al Ecuador dentro de los primeros productores de camarón en piscina a nivel mundial.

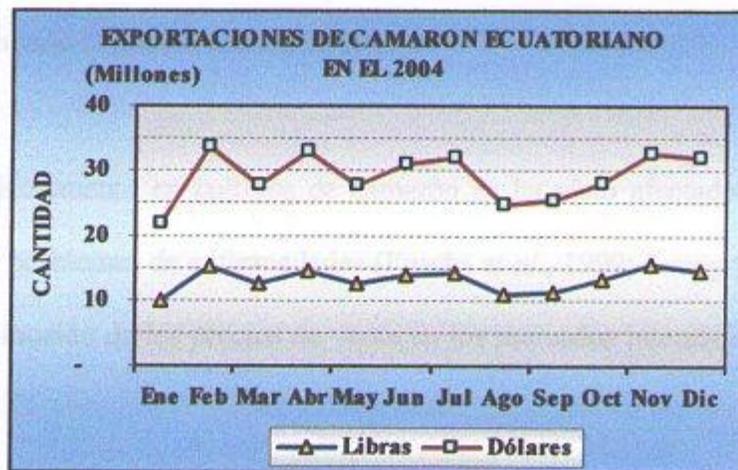
El año de 1998, fue el de mayor exportación del camarón ya que se exportó un total de 117 mil toneladas; sin embargo durante los años 1999, 2000 y 2001, se registró un permanente descenso de esta actividad, a tal punto que en el año 2000 cayó el nivel de exportaciones en un 62 % (Fig. 1), debido a que se detectó en el país la presencia del virus de la mancha blanca (WSSV). (Superintendencia de Bancos. 2002).



**Figura 1.** Exportaciones Ecuatorianas de camarón de 1993 al 2004.

**Fuente:** Cámara Nacional de Acuicultura.

Hasta agosto del 2004, el país exportó 221,4 millones de dólares en camarón a todos los mercados (Fig. 2). En la actualidad las exportaciones de este producto a España, alcanzaron los 27,4 millones de dólares entre enero y septiembre pasados, representando un incremento del 38 % en comparación con las ventas que la industria nacional hizo en el mismo periodo del 2003. (El Universo, 2004).



**Figura 2.** Exportaciones del camarón ecuatoriano en el 2004 en libras y en dólares.

**Fuente:** Cámara Nacional de Acuicultura.

En general, el comportamiento de las producciones camaroneras del Ecuador ha mostrado un crecimiento neto, marcado por variaciones climáticas y aparición de enfermedades (Regueira, 2001).

### **1.5. ENFERMEDADES EN CULTIVOS DE CAMARONES.**

A través del tiempo, diversas enfermedades han sido causantes de los mayores problemas que han enfrentado los cultivadores de camarón alrededor del mundo y han afectado considerablemente al sector, impactando directamente el nivel de las exportaciones (Regueira, 2001).

Enfermedades en el cultivo de camarón se han presentado en forma periódica en el Ecuador, cuyo resultado es mortalidad y bajas producciones en las piscinas afectadas (Fig. 3). Las enfermedades son parte normal en la acuicultura del camarón en todo el mundo (Jiménez, 1997).

El rápido incremento en cultivos de camarón se ha visto afectado en la última década por problemas de enfermedades (Fuschs *et al.*, 1999; Leung y Tran, 2000) y una disminución de los precios de venta en los mercados internacionales (FAO, 2002).

Desde sus inicios, esta actividad enfrenta un sinnúmero de problemas originados por hongos, bacterias y virus, se han sucedido brotes esporádicos de enfermedades

infecciosas como el Síndrome de “La Gaviota” en 1989, el Síndrome de Taura en 1993-1994 y del Virus de la Mancha Blanca en 1999, generando pérdidas económicas, desmotivación y abandono de la actividad (Marriott, 2003).

### 1.5.1. SÍNDROME DE LA GAVIOTA.

Posiblemente la primera muerte masiva de camarones registrado en los cultivos de camarones en el Ecuador ha sido el “Síndrome de la Gaviota” de 1989 a 1990 designado así por los técnicos a cargo de las piscinas, cuando observaron alta mortalidad de camarones, la misma que casi siempre se registraba con la presencia de gaviotas y otras aves que capturaban a los camarones que aparecían moribundos en los bordes de la piscina (Jiménez, 1997).

Estudios determinaron que la mortalidad se debió a bacterias principalmente del género *Vibrio* ssp., que originaron infecciones en los camarones, caracterizadas por bacteremia-septicemia (Lightner *et al.* 1992), estas mortalidades se presentaron principalmente en la zona interior del Golfo de Guayaquil, zona que estaba siendo dragada para permitir la libre navegación de buques en los canales del golfo, lo que presumiblemente puso en suspensión en la columna de agua materia orgánica y bacterias, las mismas que fueron bombeadas a las piscinas, originando las mortalidades descritas (Jiménez, 1997).

### 1.5.2. SÍNDROME DE TAURA.

A partir de las siembras en invierno de 1992, las camaroneras de la zona de los Esteros de Churute en Taura (CNA, 1994), comenzaron a experimentar una inusual y elevada mortalidad del camarón, principalmente en los camarones entre 0,5 y 3 g de peso, enfermedad que se manifestó más acentuada en época o áreas de baja salinidad.

Una de las características patológicas más evidente es una severa necrosis multifocal en la epidermis cuticular, los camarones mostraban letargo y músculos opacos en el abdomen (Jiménez, 1992). Su efecto fue más severo en las siembras efectuadas en la época lluviosa de 1993, debido a la acumulación de tóxicos y la magnificación biológica, su área de acción se extendió prácticamente a todo el Golfo de Guayaquil, que representa el 75 % de la superficie de las camaroneras del Ecuador.

Estudios posteriores revelaron que la única variante de importancia respecto a los años inmediatos anteriores, durante los cuales no se presentó tan elevada mortalidad de camarón, se relacionó un significativo incremento de la superficie bananera y el inicio de fumigaciones con fungicidas, para el control de la Sigatoka Negra en la zona de confluencia de los esteros de Churute, con la enfermedad, estableciéndose la hipótesis que la presencia en las aguas de estos fungicidas era la causa del problema de las camaroneras (CNA, 1994), esta enfermedad tomo ese

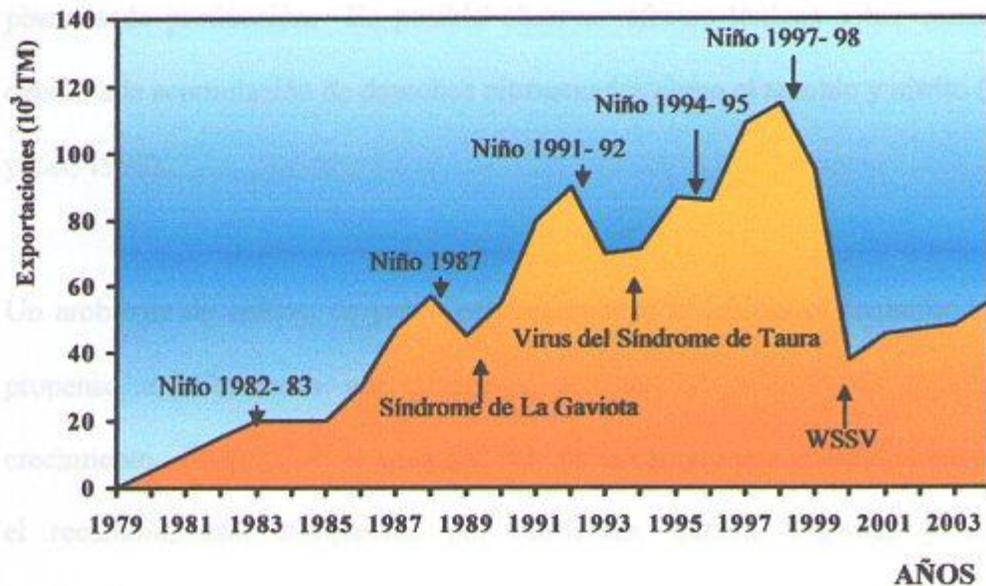
nombre debido a la patología mostrada por los camarones y por el lugar donde se originó.

### 1.5.3. SÍNDROME DEL VIRUS DE LA MANCHA BLANCA (WSSV).

La presencia del virus de la mancha blanca en Ecuador, se manifestó a principios de 1999, reduciendo de manera drástica la producción local hasta llegar a representar apenas el 2 % de la producción mundial en el 2000 y 2001, situando actualmente a la exportación de camarón cultivado ecuatoriano al 40 % del nivel alcanzado en 1998.

El WSSV, es un virus de crustáceos, extremadamente contagioso, cuya enfermedad se caracteriza por evidentes manchas blancas de 0.5 a 2 mm de diámetro en el exoesqueleto que cubre el cuerpo, letargia, coloración rojiza de la cola y la expansión de los cromatóforos presentes en los urópodos. Alcanzando una mortalidad acumulada del 100% en un período de 2 a 7 días post-infección (Chou *et al.*, 1995).

Las manchas blancas observadas en el exoesqueleto de camarones enfermos representan depósitos anormales de sales de calcio a nivel de la epidermis cuticular, siendo más visibles sobre la superficie interna del carapacho. El colapso de decenas de granjas camaroneras ha generado problemas sociales y financieros de gran magnitud en la zona costera del Ecuador.



**Figura 3.** Efecto de las enfermedades en las exportaciones del Ecuador (1979-2004)

**Fuente:** Adaptado de la Cámara Nacional de Acuicultura.

## 1.6. PROBLEMAS ECOLÓGICOS OCASIONADOS POR LA ACUACULTURA DEL CAMARÓN.

El cultivo de camarón ha sido también asociado con una variedad de efectos ecológicos negativos, dentro y fuera de las piscinas de producción (Tobey *et al.*, 1998). Boyd y Massaut, 1997, manifestaron que al menos el 6 % de los recursos de mangle del mundo ha sido convertido a granjas de producción de camarón. En Ecuador, entre el 10 y 20 % de las piscinas camaroneras se han construido en zona de manglar, reduciendo de manera significativa la extensión de este ecosistema (Massaut *et al.*, 2001).

El uso de fertilizantes y alimento balanceado afecta la calidad del agua en las

piscinas de producción. Es posible observar efectos tóxicos sobre camarones debido a la acumulación de desechos nitrogenados como el amonio y nitrito (Chen y Lei, 1990).

Un ambiente de cultivo de pobre calidad, estresa y debilita el camarón, siendo propenso a infecciones por patógenos secundarios, además de retardar su crecimiento. Finalmente, el agua que sale de la camaronera durante la cosecha o el recambio, está enriquecida por nutrientes, materia orgánica y sólidos suspendidos.

El efecto de los efluentes sobre el medio ambiente dependería de la capacidad asimilativa de los cuerpos de agua receptores. Si este cuerpo de agua sirve al mismo tiempo como fuente, las piscinas alimentadas con esta agua presentarían problemas durante el cultivo y un alto riesgo de auto-contaminación (Boyd y Tucker, 1998). Es importante mantener un ambiente saludable para la cría de camarón, maximizando la producción y minimizando el estrés y riesgo de enfermedades oportunistas.

### **1.7. ECOSISTEMA DE UNA PISCINA CAMARONERA.**

El ecosistema de una piscina camaronera encierra diversos grupos biológicos que se relacionan de forma directa e indirecta con el camarón y que reaccionan de forma distinta a las variaciones que se registran en las condiciones ambientales.

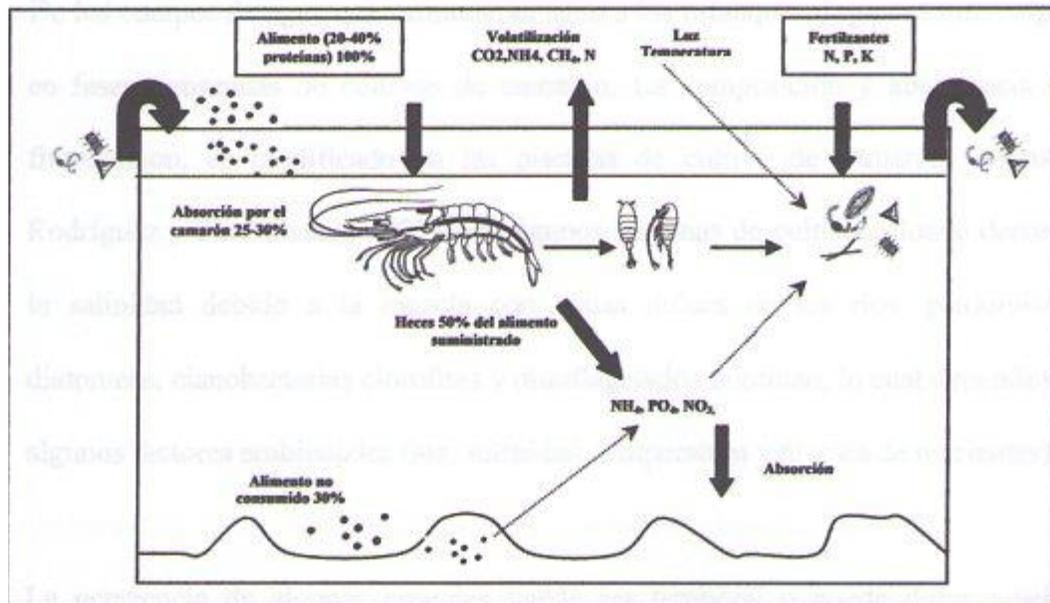
Las piscinas de cultivo son medios en los cuales se desarrollan los camarones. Durante las primeras semanas del ciclo de cultivo, generalmente se aplican fertilizantes para incrementar el crecimiento del fitoplancton y estimular la disponibilidad de organismos naturales que sirven de alimento para los camarones (Boyd y Tucker, 1998). Sin embargo, para mejorar el crecimiento, se utiliza alimento balanceado con un nivel de proteínas que oscila entre 20 y 40 %.

Los camarones consumen alrededor del 75 % del alimento suministrado y el alimento no consumido llega al fondo del estanque, donde es descompuesto por microorganismos y convertido en nutrientes inorgánicos, tales como amonio, fosfato y dióxido de carbono (Boyd y Tucker, 1998).

Varios estudios indican que el camarón incorpora en sus tejidos entre 25 y 30 % del alimento suministrado, el resto se pierde como desechos metabólicos (Funge-Smith y Briggs, 1998; Hargreaves, 2003). A medida que se incrementa la cantidad de alimento suministrado y los desechos metabólicos, se incrementan las concentraciones de nitrógeno, fósforo inorgánico y materia orgánica, alterando la composición del agua de la piscina (Boyd y Tucker, 1998; Alonso-Rodríguez y Páez-Osuna, 2003). La materia orgánica y los nutrientes que se acumulan en el sistema se convierten en fertilizante para el fitoplancton (Fig. 4).

Además, está considerado como la principal fuente de nitrógeno directo en los Todo sistema acuático, incluyendo piscinas de producción acuícola, cuenta con la piscinas en sistema de circulación (Boyd y Tucker, 1998). Las comunidades de operación simultánea de dos cadenas alimenticias interrelacionadas; una fitoplancton y otra de camarones, debido a los

autotrófica dependiente de la luz y una heterotrófica (o de detritus) no dependiente de la luz; existe una relación desde una vía autotrófica dominada por el fitoplancton hacia una vía heterotrófica dominada por las bacterias, siendo la materia orgánica el factor intermedio (Brock y Main, 1995).



**Figura 4.** Dinámica de alimento y nutrientes en una piscina de engorde de camarón

**Fuente:** Adaptado de Massaut, 1999.

El fitoplancton, en asociación con las bacterias, controla el ciclo del nitrógeno, contribuye al reciclaje de la materia orgánica y constituye la base de la cadena trófica en piscinas acuícolas (Boyd y Tucker, 1998).

Además, está considerado como la principal fuente de oxígeno disuelto en las piscinas sin sistema de aireación (Boyd y Tucker, 1998). Las comunidades de fitoplancton sufren una continua sucesión de especies dominantes, debido a los

cambios de dinámica, de factores de crecimiento así como la luz, temperatura y concentración de nutrientes en un ambiente acuático.

### **1.8. FITOPLANCTON EN PISCINAS CAMARONERAS.**

De los cuerpos de agua que suministran agua a los estanques, ingresan microalgas en fases tempranas de cultivos de camarón. La composición y abundancia de fitoplancton, es modificado en las piscinas de cultivo de camarón (Alonso-Rodríguez y Páez-Osuna, 2003). En algunos sistemas de cultivos, donde decrece la salinidad debido a la mezcla con aguas dulces de los ríos, predominan diatomeas, cianobacterias clorofitas y dinoflagelados dominan, lo cual depende de algunos factores ambientales (luz, salinidad, temperatura y niveles de nutrientes).

La ocurrencia de algunas especies puede ser temporal o puede durar mucho tiempo. Algunas veces hay blooms de periodos cortos, pero con una abundancia muy alta de una o varias especies que pueden alterar el crecimiento del camarón, debido a la reducción de oxígeno en las noches (Alonso-Rodríguez y Páez-Osuna, 2003).

Las comunidades de fitoplancton son componentes esenciales de la mayoría de los sistemas de cultivo en piscinas. La producción primaria es la base de la cadena alimenticia en cultivos de piscinas que dependen de alimento natural para mantener la producción de peces o crustáceos (Paerl y Tucker, 1995), aunque

puede ser relativamente no importante en estanques de cultivos que confían en el alimento manufacturado para promover el crecimiento de peces o crustáceos, los organismos fitoplanctónicos son considerados beneficiosos, debido a que son parte de la comunidad microbial que actúan para mantener condiciones ambientales de cultivo adecuadamente (Boyd y Tucker, 1998).

En camaroneras ecuatorianas, las cianobacterias, diatomeas, algas verdes y los dinoflagelados son los grupos taxonómicos más importantes. Cajas *et al.* (2000) indican que durante la estación lluviosa *Oscillatoria limnetica* y *Oscillatoria amphygranulata* dominan en piscinas camaroneras en el Oro y Manabí; en el sector de Bahía de Caráquez también domina *Anabaena toluosa*, mientras varias especies del género *Oscillatoria tenuis* y *Phormidium molle* dominan en Esmeraldas. Sin embargo, cuando la salinidad se acerca a concentraciones oceánicas, el fitoplancton está constituido principalmente por diatomeas (De la Cuadra *et al.*, 1998).

Varios estudios sobre la composición del fitoplancton en el Golfo de Guayaquil encontraron a las diatomeas como grupo dominante, con incremento de la presencia de cianobacterias y algas verdes en relación con la estación lluviosa y/o un incremento en nutrientes inorgánicos (Jiménez y Pesantes 1978; Jiménez y Bonilla 1980; Cajas *et al.* 1998; Coello y Moya 1999). Las condiciones medio ambientales como altas concentraciones de nutrientes, baja salinidad y alta temperatura de los estanques son apropiadas para la proliferación de las

cianobacterias (Paerl y Tucker, 1995).

Las cianobacterias de los géneros *Anabaena*, *Microcystis* (también denominada *Aphanotece*), *Oscillatoria*, *Synechococcus* y *Synechocystis* forman extensivas y persistentes floraciones en estanques de acuicultura en Ecuador. Sin embargo, los afloramientos de cianobacterias son indeseables en estanques de camarón. En algunos casos, colonias de cianobacterias formando mantos han originado mortandad de los camarones por hipoxia o anoxia, debido a un alto consumo de oxígeno (Jiménez, 1983).

Las cianobacterias no son una buena fuente de producción primaria y aportan con poco oxígeno disuelto al medio (Paerl y Tucker, 1995). Poblaciones densas de cianobacterias son muy inestables y pueden tener colapsos repentinos llevando al agotamiento de oxígeno disuelto en el agua (Boyd *et al.*, 1975), que a su vez puede causar problemas secundarios como mortalidad por falta de oxígeno disuelto o liberación de sustancias tóxicas.

Algunas cianobacterias pueden producir metabolitos olorosos que han sido consideradas como la fuente primaria de sabor "a choclo" o terroso en los camarones (Massaut, 1999). Muchas poblaciones de fitoplancton dominadas por cianobacterias son completamente inofensivas pero algunas pueden causar episodios tóxicos (Paerl, 2000). Aunque las cianobacterias son muy comunes en piscinas de camarón, son pocos los reportes de efectos tóxicos. Lightner (1978) y

Smith (1996), reportan la presencia de toxinas producidas por cianobacterias en concentraciones sub-letales que probablemente causan el debilitamiento del camarón haciéndolo propenso a infecciones bacterianas secundarias.

### 1.9. ECO-FISIOLOGÍA DE LAS CIANOBACTERIAS.

Los nombres "cianobacterias", "algas verdes-azules" y "Cianofita" son sinónimos válidos e intervariables. No son plantas verdaderas como otras algas. (Boyd y Tucker, 1998). La combinación de características propias de algas (poseen clorofila y realizan fotosíntesis) y bacterias (son organismos procariotas), encontradas en las cianobacterias, las ubican en una clase única.

A diferencia de la mayoría de las algas, muchas especies de cianobacterias se pueden acumular en las espumas superficiales, generalmente denominadas "florecimientos" con una densidad celular sumamente alta.

La mayoría de las cianobacterias son foto-autótrofas aeróbicas, sin embargo, algunas especies pueden sobrevivir períodos largos en completa oscuridad y otras, muestran una capacidad distinta para la nutrición heterotrófica (Chorus y Bartram, 1999). Sin embargo, en sus procesos de vida las cianobacterias normalmente requieren de agua, dióxido de carbono, sustancias inorgánicas y luz (Chorus y Bartram, 1999).

Las cianobacterias varían grandemente en tamaño, desde una célula un poco más grande que una bacteria hasta formas filamentosas o coloniales (Hargreaves, 2003).

### 1.9.1. PIGMENTOS.

Al igual que otras algas, las cianobacterias contienen clorofila *a* como pigmento principal para captar la luz y dirigir la fotosíntesis, pero también contienen otros pigmentos como las ficobiliproteínas que incluyen aloficocianina (azul), ficocianina (azul), que son los que dan la típica coloración azulada a las células; y a veces ficoeritrina (rojo),  $\beta$  caroteno (rojo) (Chorus y Bartram, 1999). Estos pigmentos captan el espectro de luz verde, amarillo y naranja (500-650 nm) que apenas es usado a través de otras especies del fitoplancton (Chorus y Bartram, 1999).

Las ficobiliproteínas, junto con la clorofila *a*, permiten a las cianobacterias captar eficazmente la energía ligera y vivir en un ambiente con sólo luz verde. Los pigmentos de las cianobacterias están localizados en los tilacoides que se encuentran libres en el citoplasma cerca de la periferia de la célula (Carr y Whitton, 1982).

### 1.9.2. HÁBITATS.

Muchas especies de cianobacterias son capaces de vivir en la tierra y otros hábitats terrestres, siendo importantes en los procesos funcionales de algunos ecosistemas y en el ciclo de nutrientes (Whitton y Potts, 2000). Las cianobacterias tienen la capacidad de colonizar sustratos infecundos como ceniza volcánica, arena del desierto y piedras, son excavadores extraordinarios taladran piedra caliza, así como ciertos tipos especiales de piedra arenisca (Chorus y Bartram, 1999).

Otro rasgo notable de la cianobacteria, es su habilidad de sobrevivir a temperaturas sumamente altas o bajas, son habitantes de arroyos de montañas, de lagos árticos, de nieve e hielo (Whitton y Potts, 2000). Sin embargo, los hábitats prominentes de cianobacterias son los ambientes limnéticos y marinos (aguas dulces, salobres y saladas) de climas fríos o calientes (Peterson *et al.*, 1995). Especies que viven dispersas en la columna de agua son parte del fitoplancton y aquellas que crecen en sedimentos forman parte del fitobentos.

### 1.9.3. CONDICIONES AMBIENTALES QUE FAVORECEN SU DESARROLLO.

El comportamiento de los diferentes grupos de cianobacterias no es homogéneo y se puede asociarlos en sub-categorías donde todos los grupos considerados

exhiben una misma respuesta frente a un conjunto de factores ambientales (Chorus y Bartram, 1999). Varias condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de las cianobacterias se describen a continuación.

### 1.9.3.1. TEMPERATURA ALTA DEL AGUA.

La temperatura del agua también juega un papel importante en la formación de afloramientos de cianobacterias, la tasa máxima de crecimiento para la mayoría de las cianobacterias es lograda a temperaturas sobre 25 °C y tienen un rango óptimo entre 25 y 35 °C, más alto que para las algas verdes y diatomeas (Paerl y Tucker, 1995). Hargreaves (2003) reporta una temperatura óptima de 32 °C para el crecimiento de *Oscillatoria agardhii*.

### 1.9.3.2. BAJA INTENSIDAD DE LUZ.

La distribución de la predominancia fototrófica de las cianobacterias esta marcadamente influenciada por la cantidad y calidad de luz. La penetración de la luz en una columna de agua varía, no sólo con la profundidad sino también con la presencia de partículas en suspensión. Muchas algas son sensibles a períodos prolongados de intensidades altas de luz (>2000 lux). El crecimiento de *O. agardhii* es inhibido cuando es expuesta a extensos períodos de intensidades de luz alrededor de  $180 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (Chorus y Bartram, 1999).

Aunque las cianobacterias, alcanzan una tasa de crecimiento mas baja que las algas verdes bajo condiciones normales de luz en la columna de agua, su capacidad de crecer a bajas intensidades de luz y captar ciertos tipos de luz específicos, les permite que crezcan a la "sombra" de otro fitoplancton (Carr y Whitton, 1982).

Por consiguiente, las aguas con alta turbidez proveen a las cianobacterias mejores oportunidades de competir con otras especies. Esto puede explicar el por qué las cianobacterias dominan en aguas eutróficas ricas en nutrientes y fitoplancton (Paerl y Tucker, 1995; Chorus y Bartram, 1999).

#### 1.9.3.4. REGULACIÓN DE SU FLOTABILIDAD.

##### 1.9.3.3. CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES.

El fósforo, es el mayor nutriente que controla la ocurrencia de afloramientos de cianobacterias en el agua en muchas regiones del mundo, aunque los compuestos de nitrógeno a veces son relevantes en determinar la cantidad presente de cianobacterias. Algunas cianobacterias pueden escapar a la limitación de nitrógeno en la columna de agua, fijando nitrógeno atmosférico ( $N_2$ ). La falta de nitrato o amoníaco, favorece la dominancia de este tipo de cianobacterias (Paerl, 2000).

Cuando las cianobacterias generalmente se encuentran en aguas eutróficas, se asume que requerirán de altas concentraciones en fósforo y nitrógeno. Sin

embargo, la afinidad de las cianobacterias para estos nutrientes inorgánicos es mucho más alta que para otros grupos de fitoplancton (Chorus y Bartram, 1999).

Más que la concentración disponible de fósforo o nitrógeno en el agua, la tasa entre la concentración de nitrógeno total y la concentración de fósforo total en el agua puede predecir mejor la dominancia de las cianobacterias (Smith, 1983; Hargreaves, 2003). Una baja tasa de N:P, favorece el desarrollo de afloramientos de cianobacterias (Daniels y Boyd, 1993; Paerl y Tucker, 1995; Chorus y Bartram, 1999).

#### **1.9.3.4. REGULACIÓN DE SU FLOTABILIDAD.**

La capacidad de regular la posición vertical en la columna de agua es un atributo ventajoso para un fotótrofo que vive en un ambiente con marcados gradientes verticales de luz, temperatura y nutrientes (Paerl y Tucker, 1995).

Muchas especies de cianobacterias tienen estructuras de flotación llamadas vesículas de gas. Estas son inclusiones citoplásmicas de estructuras cilíndricas llenas de gas que habilitan la regulación de la flotación (Paerl y Tucker, 1995).

Su función es dar a las especies planctónicas un mecanismo ecológicamente importante que les permita ajustar su posición vertical en la columna de agua, por dos mecanismos:

1.3.3.1 > **Primero:** las cianobacterias pueden producir carbohidratos granulados durante la fotosíntesis, lo que le suministra firmeza e incrementa la gravedad específica relativa en el agua, causando su hundimiento. Los carbohidratos son después consumidos durante el metabolismo celular y la célula se vuelve ligera en relación al agua y flota a la superficie (Chorus y Bartram, 1999).

1.3.3.2 > **Segundo:** está asociado con la producción de vacuolas de gas, ocurriendo en el agua débilmente iluminada y estimulado por el metabolismo de carbohidratos acumulados. La vacuolación causa la flotación de las células a la superficie, lo que favorece la fotosíntesis y nueva producción de carbohidratos, resultando en el incremento de la presión en el interior de la célula y el estallido de las vacuolas de gas, reduciendo la gravedad específica de la célula en relación al agua (Chorus y Bartram, 1999; Hargreaves, 2003).

Ambos mecanismos interactúan para controlar la flotabilidad en aguas naturales, pueden variar grandemente en el tiempo y en el espacio (Paerl y Tucker, 1995).

El desarrollo de un afloramiento de cianobacterias es favorecido, si la tasa de mezcla por turbulencia es menor que la tasa de flotación de la cianobacteria. La optimización de su posición en la columna de agua da una evidente ventaja sobre el resto del fitoplancton (Paerl y Tucker, 1995).

#### 1.9.3.5. BAJA DEPREDACIÓN POR PARTE DEL ZOOPLANCTON.

Mientras muchas algas planctónicas son pastoreadas por copépodos, cladóceros (como *Daphnia* spp) y protozoarios, las cianobacterias no lo son a la misma magnitud (Chorus y Bartram, 1999). Cianobacterias de gran tamaño son resistentes a zooplancton filtradores por causa de obstrucción en el aparato digestivo, además de no ser digeridas (Hargreaves, 2003). Es también conocido que ciertas toxinas de cianobacterias reducen su depredación por parte del zooplancton (Paerl y Tucker 1995). Sin embargo, algunos copépodos son consumidores efectivos de cianobacterias y se ha probado su selectividad por *O. agardhii* (Hargreaves, 2003).

#### 1.9.3.6. BAJA CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO Y ALTO pH.

Una hipótesis que ha sido dada para explicar la dominancia de las cianobacterias en lagos con bajas concentraciones de dióxido de carbono o pH alto, entre 6 y 9 (Roset *et al*, 1991), es la facilidad de transformar los iones de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y carbonato en bióxido de carbono, es que las cianobacterias tienen una alta afinidad por el dióxido de carbono (Chorus y Bartram, 1999). Altas tasas de fotosíntesis en piscinas de acuicultura hipertróficas pueden resultar en la reducción del dióxido de carbono y la elevación del pH en la tarde, lo que favorecería a las cianobacterias (Hargreaves, 2003).

#### 1.10. EL PROBLEMA DE MALOS SABORES (*Off-flavor*).

El término "*Off-flavor*" se refiere al desarrollo de un "mal" sabor en el agua o animales acuáticos. A pesar que los animales pueden desarrollar muchos y diferentes malos sabores, "*Off-flavor*" en la literatura científica está restringido al desarrollo de sabores lodo-terrosos (Massaut, 1999). Los sabores más comunes encontrados en acuicultura son causados por compuestos químicos que son de muy baja toxicidad a peces y crustáceos (Boyd y Tucker, 1998).

La presencia de malos sabores está considerada como un defecto de calidad y los cultivadores han instituido tomar medidas para monitorear su presencia y distribución en productos afectados. Aunque mucha de la literatura sobre los sabores en cultivos relatan, sobre la producción de peces de agua dulce y principalmente en los últimos años del bagre del canal (*Ictalurus punctatus*) en los Estados Unidos, estos, demuestran que malos sabores tienen una extensa ocurrencia en el mundo (Tucker y Hargreaves, 2003). Lovell y Broce (1985) hacen el primer reporte científico del problema en camarones.

El mal sabor en camarón es un problema importante que altera el programa de cosecha o disminuye un 20 % el valor comercial del producto (R. Vélez, comunicación personal, Empacadora del Pacífico, Pedernales, Ecuador; Martin *et al*, 1991). En ambos casos, la mala calidad del producto significa pérdidas económicas significativas a las empresas acuícolas (Roa, 1998), y los productores

tienen que realizar gastos en combustible para bombear agua a las piscinas y alimentar a los camarones hasta que desaparece el mal sabor.

#### 1.10.1. COMPUESTOS QUÍMICOS CAUSANTES DE *Off-flavor*.

Se han aislado docenas de compuestos volátiles odoríferos de los cultivos de actinomicetos (Gerber, 1979), cianobacterias ó de algas (Juttner, 1983). Varios de estos compuestos tienen olores similares a aquellos descritos en los peces de malos sabores.

De ellos, dos tipos de microorganismos, las cianobacterias y los actinomicetos, son responsables de la producción de los compuestos químicos Geosmina (GSM) y 2-Metilisoborneol (MIB), que crecen en estanques enriquecidos con nutrientes, e imparten al agua o a los animales acuáticos un sabor lodo-terroso y a hongo o moho, respectivamente (Scott *et al.*, 1989; Martín *et al.*, 1991; Hoson, 1992). Los agentes olorosos son alcoholes terciarios cíclicos, resistentes a la oxidación por tratamientos químicos convencionales (Peterson *et al.*, 1995).

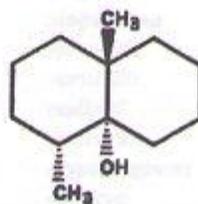
Las cianobacterias están consideradas como la principal fuente de compuestos olorosos en piscinas camaroneras debido a su alta importancia relativa en la columna de agua (Tucker y van der Ploeg, 1999). Los actinomicetos son bacterias que se desarrollan en forma de micelios, como los hongos dentro de los sedimentos, y no están en contacto directo con el camarón o la columna de agua.

La presencia e intensidad de los sabores en peces varían estacionalmente y están asociados con afloramientos de cianobacterias en el fitoplancton, típicamente en los meses cálidos, donde una gran variedad de especies han sido identificadas como productores de GSM y MIB, o ambos (Persson, 1982).

La presencia de *Off-flavor* se produce más frecuentemente en cultivos intensivos, donde los niveles de ración ofrecida son altos y en consecuencia el cúmulo de nutrientes favorece a la proliferación de cianobacterias (Persson, 1982). La incidencia y severidad estacional de *Off-flavor* en piscinas de cultivos está influenciada por temperatura del agua, densidad de peces y tasas de alimentación (Brown y Boyd, 1982).

#### 1.10.1.1. GEOSMINA (GSM).

Geosmina, trans-dimetil-trans-9-decalol (Fig. 5), es un componente oloroso, natural de algunos vegetales y otros productos alimenticios y ha sido implicado como una causa de problemas de olor y sabor en suministros de agua para consumo humano, como también en cultivos de peces de aguas dulces alrededor del mundo.



**Figura 5.** Estructura química de Geosmina.

**Fuente:** Boyd y Tucker, 1998.

Es un químico extremadamente potente, que imparte sabor en el agua y en el pez, la concentración inicial de olor (la concentración más baja que puede olerse) en el agua es aproximadamente  $0.02 \mu\text{g.L}^{-1}$  (Persson, 1980) y la concentración inicial de sabor (la concentración más baja que puede olerse y probarse) para GSM en peces se encuentra en el rango de 6 a  $10 \mu\text{g.Kg}^{-1}$ . (Persson, 1980). La producción de GSM ha sido atribuida a cianobacterias de los géneros *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Fischerella*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Schizothrix* y *Symploca* (Tabla III). La GSM parece ser más común en aguas blandas (con alcalinidad y dureza totales menores a  $50 \text{ mg CaCO}_3\text{.L}^{-1}$ ), producida por algunas especies de *Anabaena*, ha sido la causa de malos sabores en piscinas de cultivos de camarones penaeidos, donde el agua salada fue duramente contaminada con cianobacterias después que lluvias pesadas, redujeron la salinidad a cero (Lovell y Broce, 1985).

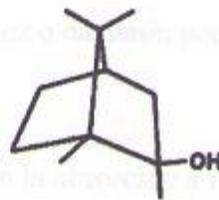
**Tabla III.** Cianobacterias que se reporta son productoras de Geosmina y 2-Metilisoborneol.

Compuesto	Género	Especies	Referencias
Geosmina	<i>Anabaena</i>	<i>circinalis</i>	Henley 1970
		<i>scheremetievi</i>	Izaguirre <i>et.al.</i> 1982
	<i>Aphanizomenon</i>	<i>macrospora</i>	Yagi <i>et.al.</i> 1983
		<i>gracile</i>	Junett <i>et.al.</i> 1986
	<i>Lyngbya</i>	<i>estuarii</i>	Tabacheck y Yurkowsky 1976
	<i>Oscillatoria</i>	<i>agardhii</i>	Persson 1979
		<i>brevis</i>	Berglind <i>et.al.</i> 1983
		<i>bornethii</i>	Berglind <i>et.al.</i> 1983
		<i>cortiana</i>	Tabacheck y Yurkowsky 1976
		<i>profilica</i>	Tabacheck y Yurkowsky 1976
		<i>simplissima</i>	Izaguirre <i>et.al.</i> 1982
		<i>splendida</i>	Tabacheck y Yurkowsky 1976
		<i>variabilis</i>	Tabacheck y Yurkowsky 1976
		<i>mullerii</i>	Kikuchi <i>et.al.</i> 1973
		<i>Schizothrix</i>	<i>muscorum</i>
2-Metil-isoborneol	<i>Symploc</i>		
	<i>Lyngbya</i>	<i>cryptovaginata</i>	Tabacheck y Yurkowsky 1976
	<i>Oscillatoria</i>	<i>curvicep</i>	Izaguirre <i>et.al.</i> 1982
	<i>Phormidium</i>	<i>tenue</i>	Yagi <i>et.al.</i> 1983

Fuente: Acuacultura del Ecuador. 1998

### 1.10.1.2. 2-METILISOBORNEOL (MIB).

El compuesto 2-Metilisoborneol: 1, 2, 7, 7-tetrametil-*exo*-bicycloheptano-2-ol (Fig 6); ha sido identificado como un constituyente natural de suelos y aguas dulces alrededor del mundo, es típico de aguas duras (van der Ploeg *et al.*, 1992).



**Figura 6.** Estructura química de 2 Metilisoborneol  
**Fuente:** Boyd y Tucker, 1998.

El olor de MIB en soluciones diluidas, es similar a moho. La producción de MIB es atribuida a especies de *Lyngbya*, *Oscillatoria* y *Phormidium* (Boyd y Tucker, 1998; Tucker y van der Ploeg, 1999). La concentración inicial de olor en el agua es alrededor de  $0.04 \mu\text{g.L}^{-1}$  (Persson, 1979).

### 1.10.2. NIVEL FISIOLÓGICO DEL *Off-flavor*.

Muchos trabajos se han enfocado en la cinética de captación y depuración de estos compuestos olorosos por los peces (van der Ploeg *et al.*, 1992). El desprendimiento de compuestos olorosos por el fitoplancton ocurre naturalmente, durante el crecimiento y decaimiento de las células (Rosen *et al.*, 1992).

### 1.10.2.1. CAPTACIÓN.

La absorción de sabores de compuestos desagradables en el ambiente acuático es un problema serio en estanques de cultivos de peces. Cuando un pez o camarón está expuesto a un químico orgánico en el agua, ellos pueden tomar el químico y bioacumularlo en sus tejidos (Persson, 1984; Howgate, 2003). La GSM y MIB, son transferidos al músculo del pez o camarón por dos rutas principales:

- La primera ruta, involucra la absorción a través de las branquias y piel del animal y es considerada la ruta mayor.
- La segunda ruta, depende de la ingestión de las algas y absorción de alimentos y sus componentes, desde el intestino delgado y estómago.

Los peces y camarones absorben rápidamente los compuestos olorosos y generalmente los concentran en cuestión de minutos u horas (Martin *et al.*, 1991).

Persson, 1984; Johnsen, *et al.*, 1996, sostienen que la tasa de captación de *Off-flavor*, puede ser afectada por los siguientes factores:

- La concentración de los compuestos olorosos en el agua.
- Tiempo de exposición a los compuestos químicos olorosos.

- > Especies de peces o camarones.
- > Tamaño y estado fisiológico de los peces y camarones.
- > Temperatura del agua y otros factores ambientales.

La captación se incrementa cuando aumenta la temperatura del agua, debido a que más agua es bombeada a través de las branquias y con ello ingresan más los compuestos olorosos (Boyd y Tucker 1998). La GSM y MIB son compuestos olorosos lipofílicos y se concentran en tejidos ricos en lípidos (Martin *et al.*, 1988).

### 1.10.3. POSIBLES TRATAMIENTOS DEL "OFF-FLAVOR".

#### 1.10.2.2. DEPURACIÓN.

El manejo de problemas de Off-flavor en piscinas de cultivo del coral en Panamá

Los químicos pueden ser eliminados del pez por difusión pasiva a través de las branquias o la piel, o por excreción en las heces, posiblemente siguiendo el metabolismo (Howgate, 2003), que luego son excretados por el riñón o por la vesícula biliar, la excreción a través de las branquias parece ser la mayor ruta (Boyd y Tucker, 1998). Persson, 1984; Johnsen, *et al.*, 1996; Boyd y Tucker, 1998; Howgate, 2003, manifestaron que la depuración de estos compuestos en peces y camarones depende de:

El proceso de depuración (Cooper and Extension Service, 1995; Tucker y van der Plaeg, 1999). No hay modo de

- > La calidad del agua.

> Temperatura del agua.

> La concentración del *Off-flavor*.

> Contenido en lípidos del animal

Gautier *et al.*, 2002, manifiestan que el tiempo necesario para la depuración de los bagres del canal puede demorar de 2,5 a 5 días en aguas sin presencia de los compuestos olorosos, aunque se puede requerir semanas o a veces meses de espera y es poco predecible.

### 1.10.3. POSIBLES TRATAMIENTOS DEL “*Off-flavor*”.

El manejo de problemas de *Off-flavor* en piscinas de bagres del canal en Estados Unidos ha llevado a considerar los siguientes tipos de tratamientos: eliminación natural, transferencia a otras piscinas y depuración en agua libre de compuestos olorosos, uso de herbicidas, mezcla de la columna de agua.

El mayor riesgo en una piscina de producción durante el proceso de depuración, es la posibilidad de que olores producidos por algas u otros microorganismos puedan empezar a crecer durante el proceso de depuración (Cooperative Extension Service, 1995; Tucker y van der Ploeg, 1999). No hay modo de predecir si esto puede suceder y no es seguro prevenir.

#### 1.10.3.1. ELIMINACIÓN NATURAL.

La composición del fitoplancton en piscinas cambia constantemente. Especies individuales incrementan su abundancia y luego desaparecen para ser reemplazadas por otras especies que aprovechan mejor de las condiciones ambientales del momento (Boyd y Tucker, 1998; Tucker y van der Ploeg, 1999). El constante reordenamiento de las comunidades fitoplanctónicas causa la esporádica desaparición de las algas responsables del problema de *Off-flavor* (Gautier *et al.*, 2002).

#### 1.10.3.2. TRANSFERENCIA A OTRAS PISCINAS.

El método más confiable de depurar *Off-flavor* en peces es transferirlos a piscinas libres de los compuestos olorosos (Tucker y van der Ploeg, 1999). Este proceso es, sin embargo, laborioso y siempre lleva algún riesgo de pérdida de peces. Una piscina que sea llenada con agua de pozo es mejor, porque es menos probable que desarrolle pronto un bloom de algas verdes-azules olorosas después que el pez es transferido.

#### 1.10.3.3. USO DE HERBICIDAS.

Una potencial vía para reducir densidades de fitoplancton y prevenir problemas relacionados con la calidad de agua es el uso de herbicidas (Tucker y Boyd,

1978). La razón para el uso de alguicidas como un tratamiento para detener la producción MIB por algas verdes-azules, es que los peces puedan purgar el mal sabor sin tener que ser transferidos a otro estanque (Cooperative Extensión Service, 1995), este es un método químico, usado para el manejo del fitoplancton en piscinas de acuicultura. Los alguicidas deben ser usados solo cuando se dispone de una adecuada aireación mecánica para cubrir la reducción de oxígeno disuelto de dicho uso.

#### 1.10.3.4. RICINOLEATO DE POTASIO.

El ricinoleato de potasio ha sido investigado como un potencial alguicida selectivo de cianofitas en estanques de cultivos de bagres. Scott *et al*, 1989, reportaron que este producto, en aplicaciones semanales en una proporción de 1.00 ppm, no inhibió significativamente el crecimiento de algas verdes-azules o afectaron positivamente la estructura de la comunidad de fitoplancton en estanques con aguas de baja dureza (20-30 mg.L<sup>-1</sup> como CaCO<sub>3</sub>).

#### 1.10.3.5. SULFATO DE COBRE.

Algunos compuestos han sido reportados como eficaces para el control del fitoplancton, de los cuales el sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>•5H<sub>2</sub>O) y sus derivados son los más utilizados (Scott *et al.*, 1989; Schrader *et al.*, 1998).

Moore y Kellerman, 1905, hicieron una recomendación para controlar olores y sabores causados por algas en suministros de aguas en Estados Unidos. En la actualidad el sulfato de cobre es el único químico aprobado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (US-EPA) para uso en piscinas de producción de peces y tiene un amplio espectro de toxicidad con respecto al fitoplancton (Schrader *et al.*, 1998; Han *et al.*, 2001). Es muy efectivo en la reducción de la abundancia del fitoplancton, incluyendo *Microcystis* spp. y otras cianobacterias, y elimina a las algas por acción inhibitoria del cobre sobre la respiración y la fotosíntesis (Boyd y Tucker, 1998).

Está reportado que la sensibilidad del fitoplancton al cobre varía de acuerdo a las especies consideradas. Gustavson y Wängberg (1995) afirman que los dinoflagelados y las cianobacterias son más sensibles al cobre, mientras los flagelados verdes son más resistentes. El sulfato de cobre es más efectivo en aguas con temperaturas sobre los 15 °C (Izaguirre y Devall, 1995).

La aplicación de sulfato de cobre a reservorios, lagos o ríos para el control de algas es considerada una importante herramienta de manejo que puede ser efectiva, pero los efectos son temporales (Izaguirre y Devall, 1995).

Las aplicaciones varían de 0.025 a 2 mg.L<sup>-1</sup>, y están directamente relacionadas con la alcalinidad total del agua a tratar (Boyd, 1998). El tratamiento efectivo más conocido requiere la aplicación de sulfato de cobre al 1 % de la alcalinidad total

(expresado en mg.  $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ ) para obtener concentraciones de cobre libre en rangos de 0.25 a 3.0  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  (Boyd y Tucker, 1998; Han *et al.*, 2001). El sulfato de cobre aplicado a aguas con alta alcalinidad se pierde rápidamente de la columna de agua, (Tucker y Hargreaves, 2003).

El ión cobre liberado del sulfato de cobre tiene alta afinidad para los iones de carbonato y forma rápidamente un precipitado insoluble que puede acumularse en el fondo y eventualmente alcanzar niveles tóxicos para el camarón y la fauna microbética (Han *et al.*, 2001). El problema de la precipitación puede evitarse empleando sulfato de cobre quelado, el cual es menos tóxico (Boyd y Tucker, 1998).

El uso del sulfato de cobre presenta algunos inconvenientes: es un tóxico potencial que debe ser manejado con mucha cautela, su uso puede ocasionar severas caídas del oxígeno disuelto y no debería ser rutinario, puede ocasionar el desarrollo de cepas resistentes al cobre, acelera la liberación de los compuestos olorosos al matar las algas y se recomienda que las piscinas sean drenadas después del tratamiento (Tucker y Hargreaves, 2003).

Granjas de peces y camarones a menudo aplican cantidades excesivas de sulfato de cobre en el manejo de los estanques, por lo tanto la concentración de residuos de este compuesto que permanece en el agua y su toxicidad es de primera importancia. La toxicidad del sulfato de cobre en camarones penaeidos ha sido

estudiada en *Penaeus japonicus* y *Penaeus monodon* y concentraciones  $LC_{50}$  a las 96 horas varían entre 0.6 a 2.4 mg.L<sup>-1</sup> (Chen y Lin, 2001). La tolerancia al cobre decrece cuando los camarones son expuestos a bajas salinidades o a baja edad (Chen y Lin, 2001). Normalmente, las concentraciones de cobre declinan rápidamente en el agua luego de su adición en piscina, donde es captado por el fitoplancton o se precipita en el fondo como óxido de cobre (Tucker y Hargreaves, 2003).

#### **1.10.3.6. MEZCLA DE LA COLUMNA DE AGUA.**

Una manera de mejorar la iluminación bajo el agua, es incrementando la turbulencia del agua a través de mezcladores mecánicos y así incrementar el promedio de exposición del fitoplancton a la luz (Hargreaves, 2003). En lagos estratificados y ricos en nutrientes, la destratificación de la columna de agua ha demostrado reducir efectivamente las cianobacterias (Vissers *et al.*; 1996). Sin embargo, un estudio preliminar en piscinas de producción de bagre de canal demostró que la destratificación, a través de la circulación del agua, no afectó a la abundancia del fitoplancton o a los parámetros de calidad de agua y resultó en un aumento prohibitivo del costo de producción (Tucker y Steeby, 1995).

#### **1.10.4. ANÁLISIS SENSORIALES (PRUEBAS DE SABOR).**

Una característica importante de las propiedades organolépticas de un químico es

su potencia, o sea, la cantidad que puede llevar a una respuesta en la persona que olfatea o saborea el químico (Howgate, 2003). Los humanos pueden detectar la GSM y MIB a muy baja concentración. La GSM es detectable a concentraciones de  $0.004 \mu\text{g.L}^{-1}$  en el agua y entre  $0.6$  y  $6.0 \mu\text{g.Kg}^{-1}$  en peces; mientras el 2-Metilisoborneol se detecta a una concentración de  $0.001 \mu\text{g.L}^{-1}$  en el agua y entre  $0.1$  y  $0.65 \mu\text{g.Kg}^{-1}$  en peces (Persson, 1980). Peces con diferentes niveles de *Off-flavor*, pueden ser encontrados en la misma piscina.

Debido a que la GSM y el MIB son detectables en muy bajas concentraciones por los humanos. La fuente de estos compuestos no necesita ser el microorganismo dominante en el sistema para causar problemas de *Off-flavor*.

La detección de *Off-flavor* llevada a cabo por evaluación sensorial, a pesar de sus limitaciones, es el método aceptado para monitorear sabores en alimentos marinos. Analistas sensoriales (catadores), pueden detectar compuestos olorosos a muy bajos niveles y discriminar entre tipos de malos sabores así como la intensidad de los mismos (Person, 1980; van der Ploeg, 1992).

#### **1.10.4.1. INTENSIDAD DE SABORES.**

La intensidad de sabores es el aspecto cuantitativo sobre la calidad de sabor del pez y estima la concentración del compuesto oloroso de interés, puede ser cuantificada sobre una escala como la que se presenta en la Tabla IV, la

concentración inicial es el nivel más bajo en que un compuesto oloroso puede ser percibido (van der Ploeg, 1992).

**Tabla IV.** Escala de descriptivos otorgados a intensidades de sabores en peces.

<b>Descripción verbal</b>	<b>Escala de intensidad</b>
No malos sabores	0
Inicial	T
Muy leve	0.5
Leve	1
Diferente a leve	1.5
Diferente	2
Diferente a fuerte	2.5
Fuerte	3

**Fuente:** van der Ploeg, 1992

Según van der Ploeg (1992), la descripción de malos sabores es a menudo difícil debido a estos factores:

- > Hay muchos compuestos químicos responsables de *Off-flavor*.
- > El mismo compuesto químico puede sacar diferentes descripciones de sabores de personas diferentes.
- > Ciertos sabores pueden ser producidos por más de un compuesto químico.
- > La variación en la concentración de un odorante, puede causar cambios en las características de sabor, en lugar de la intensidad de sabor.

Para evitar cosechar piscinas que contienen peces con malos sabores, previo a la cosecha, se sacan muestras de peces para detección de *Off-flavor* y son llevados a pruebas una o dos semanas antes de la cosecha.

El último muestreo se lleva a cabo el día de la cosecha o un día previo a ella. Se prueban varios tamaños de uno o tres pescados, dependiendo de la práctica de la planta de procesamiento (Person, 1980; van der Ploeg, 1992).

#### 1.10.4.2. DESCRIPTORES DE SABORES EN PECES.

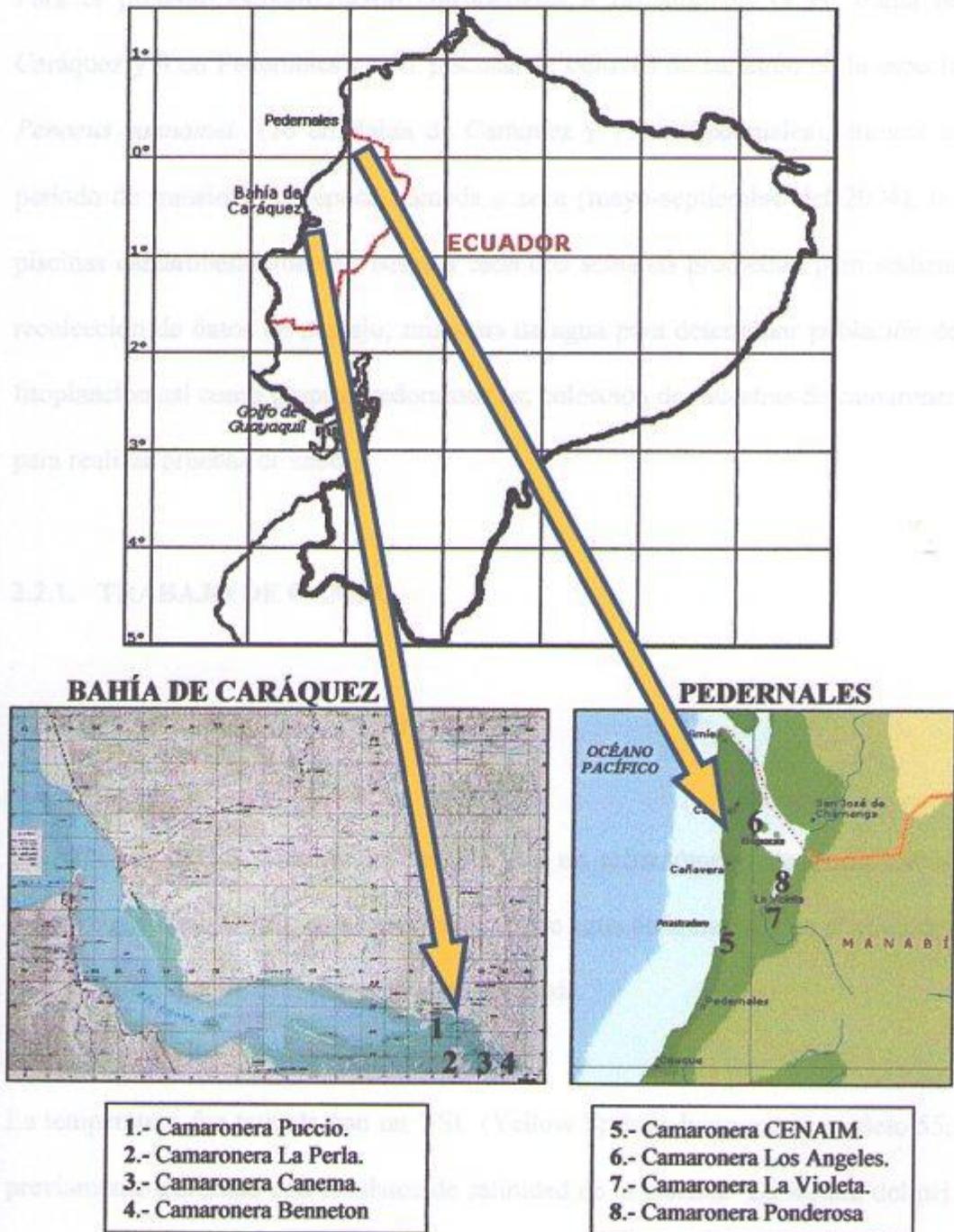
Es posible entrenar a jueces para dar la misma descripción de un sabor particular, incluso cuando la experiencia sensorial entre jueces difiere. Investigadores y personal de plantas procesadoras utilizan varios descriptores para describir sabores en peces. Algunos han intentado estandarizar estas descripciones de sabores, pero inconsistencias y falta de detección entre diferentes sabores todavía existe. Muchos de los compuestos específicos que causan sabores inaceptables en peces aún no han sido identificados. Por eso, muchos descriptores han estandarizado por referencia a nombres de materiales y olores comúnmente conocidos con olores característicos similares a malos sabores (van der Ploeg, 1992).

## 2. DETERMINACIÓN DE LA OCURRENCIA DE MALOS SABORES (*Off-flavor*).

### 2.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Pedernales, está ubicado al noroeste de la provincia de Manabí ( $00^{\circ} 04' N$  y  $80^{\circ} 3' W$ ), atravesada en su parte norte por la línea ecuatorial o equinoccial, tiene una extensión de  $1.460,7 \text{ km}^2$ . Este cantón debe su desarrollo económico a la influencia turística, agrícola, ganadera y camaronera; las piscinas de producción están localizadas en las inmediaciones del estuario del río Cojimíes, que separa a Manabí de Esmeraldas. Las camaroneras La Violeta y Ponderosa, estuvieron ubicadas en el sitio La Violeta, Km. 8 vía Pedernales – Chamanga, ocupando la parte alta del estuario del río Cojimíes; la camaronera CENAIM, estuvo ubicada en el sitio Arrastradero, en el Km 6 en la vía Pedernales – Cojimíes; la camaronera Los Ángeles, estuvo ubicada en el sitio El Aguacate en la zona media del Estuario del río Cojimíes (Fig. 7). Bahía de Caráquez se encuentra situada a  $0^{\circ} 35' S$  y  $80^{\circ} 25' W$ , en la parte baja del estuario del Río Chone, que separa a Bahía de San Vicente. El desarrollo socio-económico de la zona depende de las exportaciones de camarón, pesca artesanal, agricultura, ganadería y del turismo. La camaronera Puccio estuvo localizada en el sitio Barquero en la vía San Vicente-San Antonio; las camaroneras La Perla, Canema y Benneton estuvieron ubicadas entre el Km. 21

y 22 en la vía Bahía de Caráquez-Tosagua, en la zona alta del Estuario del Río Chone (Fig. 7).



**Figura 7.** Ubicación de las zonas de muestreos, Pedernales y Bahía de Caráquez, Provincia de Manabí, Ecuador.

## **2.2. MANEJO DEL EXPERIMENTO.**

Para el presente estudio fueron consideradas 8 camaroneras (4 en Bahía de Caráquez y 4 en Pedernales), y 31 piscinas de cultivos de camarón de la especie *Penaeus vannamei* (16 en Bahía de Caráquez y 15 en Pedernales), durante el período de transición de época húmeda a seca (mayo-septiembre del 2004), las piscinas camaroneras fueron visitadas cada dos semanas promedio, para realizar recolección de datos de manejo; muestras de agua para determinar población de fitoplancton así como grupos predominantes; colección de muestras de camarones para realizar pruebas de sabor.

### **2.2.1. TRABAJO DE CAMPO.**

#### **2.2.1.1 PARÁMETROS AMBIENTALES.**

La salinidad de las piscinas fue medida con un refractómetro de mano marca ATAGO, Modelo 5/Mill, colocando una gota de agua de la muestra en el visor del aparato, previamente calibrado con agua destilada.

La temperatura fue tomada con un YSI (Yellow Springs Instrument) modelo 55, previamente calibrado con los datos de salinidad de la piscina. La lectura del pH se realizó con tiras de color (papel tornasol), se extrajo de cada piscina monitoreada una muestra de agua con un tubo de centrifuga, cerca de la

compuerta de salida a 30 cm. de la superficie, se introdujo una tira de color en el tubo, se esperó 5 minutos y se comparó colores con el kit determinando el nivel de acidez o alcalinidad del agua la piscina.

La turbiedad se determinó utilizando el disco Secchi, tomando los datos cerca de la compuerta de salida de agua, para registrar el valor de visibilidad, se introdujo el disco en el agua de la piscina lentamente, haciéndolo girar hasta que desapareció de la visión, anotando la profundidad de visibilidad en cm.

#### **2.2.1.2 MUESTRA DE AGUA PARA CONTEO DE FITOPLANCTON.**

Las muestras de agua, fueron tomadas a 30 cm. de la superficie cerca de la compuerta de salida de cada piscina y depositadas en un tubo de centrifuga (50 mL.), fueron preservadas con 600  $\mu$ L de una solución de Lugol, rotuladas con un código, indicando: iniciales del nombre de la camaronera, número de piscina y fecha de muestreo Ej: (LP-P2-03/VII; Camaronera La Perla; Piscina 2; 3 de Julio); y guardadas en un sitio oscuro para su posterior observación.

#### **2.2.1.3 MUESTRAS DE CAMARONES.**

A partir de los 2 g de peso promedio, se tomaron muestras quincenales de 30 camarones para someterlos a una prueba de sabor, los camarones fueron capturados con una atarraya en diferentes sitios de la piscina, lavados, puestos en

fundas plásticas (25, 5 unidades), rotuladas (Edpacif; L. Massaut Fundación CENAIM-ESPOL respectivamente) con un código indicando: nombre de la camaronera, piscina y fecha de muestreo Ej: (LP-P2-03/VII; Camaronera La Perla; Piscina 2; 3 de Julio); las muestras fueron colocadas en una hielera con suficiente hielo para evitar su deterioro, hasta llevarlas a la empacadora para control de calidad. Las muestras para L. Massaut, fueron guardadas en la empacadora Edpacif (Coaque-Pedernales) y colocadas en cámaras de frío a -30° C, hasta ser transportadas a CENAIM para su respectiva prueba sensorial.

#### **2.2.1.4 MANEJO DE PISCINAS.**

Se recolectó en cada camaronera, información sobre el manejo de cada piscina (alimentación, fertilización, adición de químicos o productos comerciales, recambios de agua, tratamiento de *Off-flavor*).

### **2.2.2. TRABAJO DE LABORATORIO.**

#### **2.2.2.1. ANÁLISIS DE MUESTRAS DE FITOPLANCTON.**

Se realizó el conteo e identificación del fitoplancton con la ayuda de un microscopio de luz con magnificación de 200 X y la cámara de Sedgewick-Rafter, usando 1 mL de muestra fijada (APHA *et al.*, 1998). La abundancia de fitoplancton fue registrada como unidades por mililitro (Uni.mL<sup>-1</sup>). Las

cianobacterias, algas verdes y dinoflagelados se clasificaron hasta el nivel de género, las diatomeas fueron clasificadas como pennales o centrales. Se utilizó las claves presentadas por Cocke (1967); Guzman (1993); y Lopretto y Tell (1995).

#### **2.2.2.2. ANÁLISIS SENSORIAL (PRUEBAS DE SABOR).**

En la empacadora EdPacific, los camarones fueron lavados, pesados y luego preparados para análisis organoléptico sensorial (Martin, *et al.*, 1988), las mismas que fueron realizadas por el personal encargado de este trabajo. Se utilizó un promedio de 25 animales por piscina en estudio. La intensidad de sabor a choclo y palo seco, fue calificada en valores de 0 a 3, según Persson, 1980 y van der Ploeg 1992. L. Massaut (Fundación CENAIM-ESPOL) realizó una prueba de sabor con cinco camarones, otorgando el descriptivo correspondiente y el porcentaje de mal sabor de muestras aleatorias.

### **2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

#### **2.3.1. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).**

Con el objetivo de explorar los datos y disminuir el número de variables en los análisis posteriores, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). Para cumplir con los requisitos de la prueba de ACP (Pla, 1986), los datos fueron previamente estandarizados (variable con media cero y varianza unitaria).

La selección de los componentes que expresaron el mayor porcentaje de variabilidad de los datos siguió el criterio de Kaiser (eigenvalores  $>1$ ). Los coeficientes de correlación entre las variables originales y cada componente  $\geq 0,5$  en valor absoluto fueron significativos (Subas, 1994).

En base a los resultados de ACP, se realizó un análisis de regresión múltiple del tipo "Forward Stepwise" con un nivel de significancia del 5 %, utilizando las variables que presentaron una alta correlación con los componentes principales, para poder predecir el comportamiento de los malos sabores.

El tipo "Forward Stepwise" considera una variable significativa dentro del modelo de regresión siguiendo el criterio del estadístico F ( $F > 1$ ). Se comprobó normalidad de los residuales. En todos los análisis, se utilizó el programa estadístico STATISTICA<sup>®</sup> 4.1 (1994-2000, StatSoft, Oklahoma, EE.UU.).

### **2.3.2. DATOS EVALUADOS.**

Las variables originales utilizadas para el análisis de regresión múltiple fueron las siguientes: superficie de la piscina (ha), densidad de siembra (#/ha), salinidad ( $\text{g.L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, lectura del disco Secchi (cm), profundidad de la columna de agua (cm), recambio de agua diario (%), peso del camarón al momento del muestreo (g), sabor a choclo, sabor a palo seco, tasa de alimentación ( $\text{lb.ha}^{-1}.\text{día}^{-1}$ ), conteo total del fitoplancton ( $\text{Uni.mL}^{-1}$ ) e incluyeron los siguientes

géneros dominante del fitoplancton; *Anabaena* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Anabaenopsis* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Aphanothece* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Chroococcus* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Oscillatoria* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Spirulina* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Synechocystis* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Chlorella* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Closterium* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Nitzschia* (Uni.mL<sup>-1</sup>) y *Thalassiosira* (Uni.mL<sup>-1</sup>).

## PEDERNALES

### 3.1. MANEJO DE CULTIVOS EN MANABÍ

Los resultados de las observaciones realizadas se muestran en la Tabla IV, las parcelas tuvieron una superficie que oscilaban entre 1.7 y 15.2 ha. Considerando que las parcelas con mayor extensión estuvieron situadas en la zona de Cajas de Cariquez y las de menor extensión en la zona de Pedernales, con densidades de siembra de  $7.5 \pm 1.5$  pl./ha. Los cultivos fueron cosechados entre los días 104 y 158 días posteriores a la siembra, con un peso promedio de  $71.1 \pm 1.8$  g, generando una supervivencia promedio del  $37 \pm 17$  %. Los rendimientos de cosecha oscilaron entre 237 y 1171 lbs./ha<sup>2</sup> por ciclo de producción.

El manejo del ciclo de cultivo en esta zona del Ecuador se caracterizó por mantener tasas de rotación en un 4 y 10 %, los riego que se efectuó se aprovechó, diariamente, las bombas de plumas, las regaderas de alimentación se manejaron en cantidad mínima, en  $21 \pm 26$  lbs./ha<sup>2</sup> día<sup>-1</sup>, en días previos a la cosecha se duplicó o triplicó la alimentación, para evitar que el vegetal absorba agua agente osmosis. Se manejó una columna de agua de 60 x 10 cm, y un ciclo

### **3. OCURRENCIA DE MALOS SABORES (*Off-flavor*) EN LAS ZONAS DE BAHÍA DE CARÁQUEZ Y PEDERNALES.**

#### **3.1. MANEJO DE CULTIVOS EN MANABÍ.**

Los resultados de las observaciones realizadas se muestran en la Tabla IV; las piscinas tuvieron una superficie que oscilaron entre 1.3 y 15.2 ha., encontrando que las piscinas con mayor extensión estuvieron situadas en la zona de Bahía de Caráquez y las de menor extensión en la zona de Pedernales; con densidades de siembra de  $7.5 \pm 1.6$  PL's.m<sup>-2</sup>. Los camarones fueron cosechados entre los 64 y 158 días posteriores a la siembra, con un peso promedio de  $11.1 \pm 1.8$  g, generando una supervivencia promedio del  $37 \pm 15$  %. Los rendimientos de cosecha oscilaron entre 237 y 1171 lbs.ha<sup>-1</sup> por ciclo de producción.

El manejo del ciclo de cultivo en esta zona del Ecuador se caracterizó por mantener tasas de recambios en un 5 y 10 %, los mismos que se efectuaron aprovechando, diariamente, las horas de pleamar, los regímenes de alimentación se manejaron en cantidades mínimas, en  $21 \pm 26$  lbs.ha<sup>-1</sup>.día<sup>-1</sup>; en días previos a la cosecha se duplicó o triplicó la alimentación, para evitar que el animal ingiera algún agente oloroso. Se mantuvo una columna de agua de  $63 \pm 10$  cm. promedio.

**Tabla IV.** Rendimiento y manejo de piscinas en las zonas de Bahía de Caráquez y Pedernales.

	Promedio $\pm$ desviación estándar	Valor máximo	Valor mínimo
<b>Bahía de Caráquez (n=16)</b>			
Superficie piscina (ha)	6.2 $\pm$ 3.8	15.2	1.5
Días de cultivo	109 $\pm$ 15	151	81
Densidad de siembra (PL.m <sup>-2</sup> )	8.0 $\pm$ 1.8	14.3	7.0
Rendimiento (lbs.ha <sup>-1</sup> )	601 $\pm$ 195	933	300
Peso a la cosecha (g)	11.8 $\pm$ 2.0	15.1	9.0
Supervivencia (%)	30 $\pm$ 12	58	17
Crecimiento (g.semana <sup>-1</sup> )	0.77 $\pm$ 0.15	1.10	0.63
Salinidad (g.L <sup>-1</sup> )	19 $\pm$ 9	37	7
Temperatura en la mañana (°C)	27.1 $\pm$ 1.1	30.0	24.3
pH en la mañana	9 $\pm$ 1	10	7
Lectura Disco Secchi (cm)	38 $\pm$ 11	80	15
Profundidad columna agua (cm)	62 $\pm$ 8	75	35
Recambio diario (%)	5.0 $\pm$ 7.6	66.0	0.0
Alimento (lbs.ha.día <sup>-1</sup> )	17 $\pm$ 19	80	0
<b>Pedernales (n=15)</b>			
Superficie piscina (ha)	4.8 $\pm$ 2.0	8.0	1.3
Días de cultivo	95 $\pm$ 24	158	64
Densidad de siembra (PL.m <sup>-2</sup> )	6.8 $\pm$ 1.3	10.0	5.0
Rendimiento (lbs.ha <sup>-1</sup> )	669 $\pm$ 293	1,171	237
Peso a la cosecha (g)	10.3 $\pm$ 1.1	11.5	7.8
Supervivencia (%)	43 $\pm$ 16	77	18
Crecimiento (g.semana <sup>-1</sup> )	0.80 $\pm$ 0.18	1.13	0.49
Salinidad (g.L <sup>-1</sup> )	25 $\pm$ 8	36	6
Temperatura en la mañana (°C)	26.4 $\pm$ 1.5	29.8	23.4
pH en la mañana	9 $\pm$ 1	10	8
Lectura Disco Secchi (cm)	39 $\pm$ 12	90	20
Profundidad columna agua (cm)	63 $\pm$ 12	80	30
Recambio diario (%)	8.2 $\pm$ 12.6	80.0	0.0
Alimento (lbs.ha.día <sup>-1</sup> )	27 $\pm$ 33	110	0
<b>En promedio (n=31)</b>			
Superficie piscina (ha)	5.5 $\pm$ 3.1	15.2	1.3
Días de cultivo	102 $\pm$ 21	158	64
Densidad de siembra (PL.m <sup>-2</sup> )	7.5 $\pm$ 1.6	14.3	5.0
Rendimiento (lbs.ha <sup>-1</sup> )	634 $\pm$ 245	1,171	237
Peso a la cosecha (g)	11.1 $\pm$ 1.8	15.1	7.8
Supervivencia (%)	37 $\pm$ 15	77	17
Crecimiento (g.semana <sup>-1</sup> )	0.79 $\pm$ 0.16	1.13	0.49
Salinidad (g.L <sup>-1</sup> )	21 $\pm$ 9	37	6
Temperatura en la mañana (°C)	26.9 $\pm$ 1.3	30.0	23.4
pH en la mañana	9 $\pm$ 1	10	7
Lectura Disco Secchi (cm)	38 $\pm$ 12	90	15
Profundidad columna agua (cm)	63 $\pm$ 10	80	30
Recambio diario (%)	6.2 $\pm$ 9.9	80.0	0.0
Alimento (lbs.ha.día <sup>-1</sup> )	21 $\pm$ 26	110	0

Unos productores fertilizaron, solo en los días previos a la siembra de las piscinas, otros, fertilizaron constantemente sin alimentación artificial; utilizaron soluciones bacterianas, así como derivados de formol y cal para tratamiento en la aparición de cualquier evento, de una manera rutinaria.

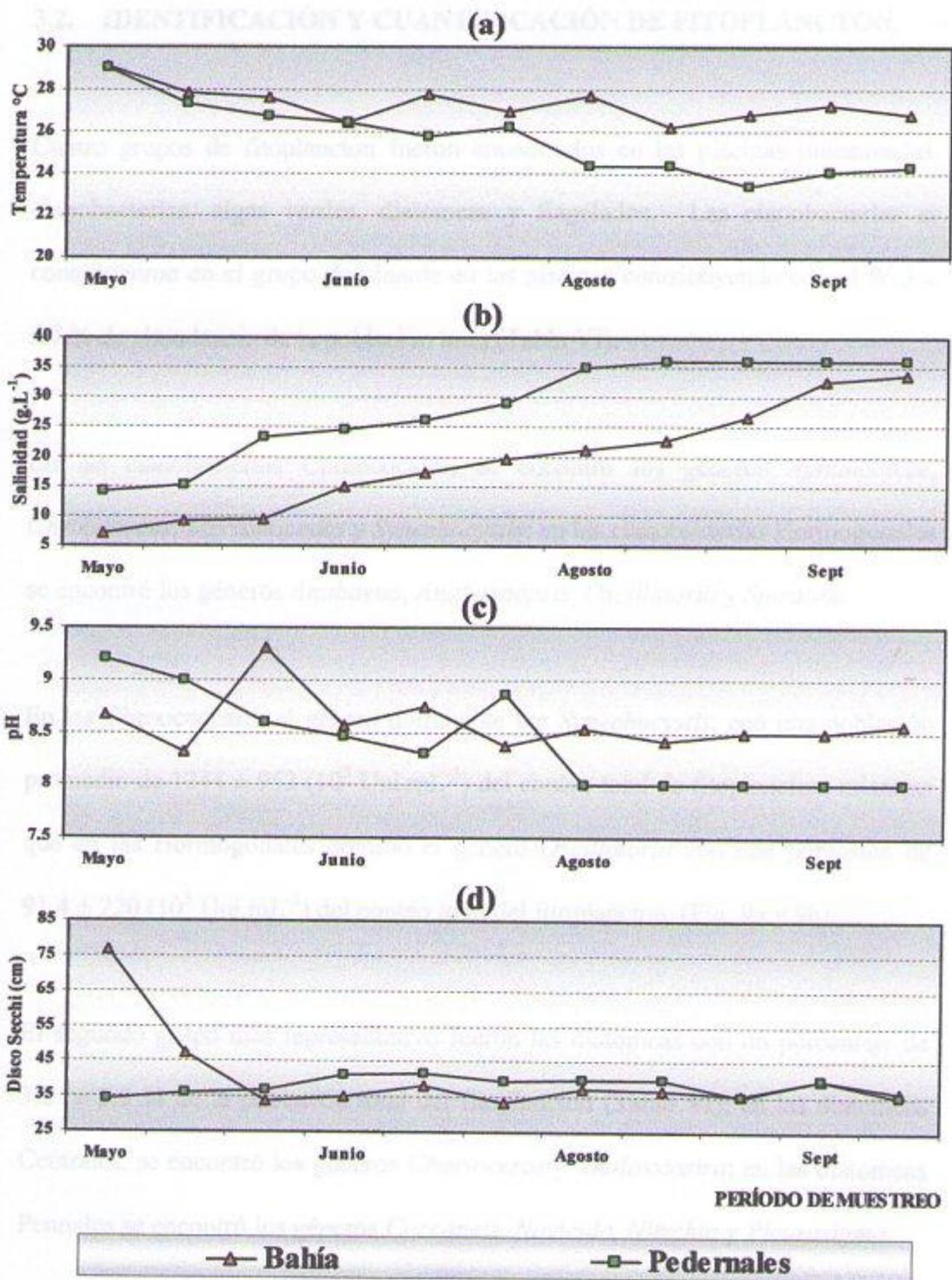
### 3.1.1 PARÁMETROS AMBIENTALES

La temperatura promedio del agua de los estanques, en la mañana, estuvo en  $26.9 \pm 1.3$  °C, con una fluctuación de 30 a 23.4 °C, observándose un marcado descenso al final de las observaciones (Fig. 8a).

La salinidad, fluctuó entre  $6 \text{ g.L}^{-1}$  y  $37 \text{ g.L}^{-1}$ , con una media de  $21 \pm 9 \text{ g.L}^{-1}$ , al final del estudio la salinidad en las zonas estudiadas tendieron a aumentar (Fig. 8b).

Los valores de pH del agua, se situaron en una media de  $9 \pm 1$ , oscilando entre 6 y 10, los mayores valores se registraron en estanques con poblaciones elevadas de *Anabaena* y *Oscillatoria* (Fig. 8c).

La lectura del Disco Secchi dio un promedio de  $38 \pm 12$  cm, con valores que oscilaron entre 90 y 15 cm, en las primeras observaciones de la zona de Bahía, se registraron valores altos de visibilidad debido a la baja concentración de fitoplancton (Fig. 8d).



**Figura 8.** Fluctuación de valores en los parámetros ambientales en las zonas de Bahía de Caráquez y Pedernales durante el período de muestreo: (a) Temperatura; (b) Salinidad; (c) pH; (d) Lectura de Disco Secchi.

### 3.2. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE FITOPLANCTON.

Cuatro grupos de fitoplancton fueron encontrados en las piscinas muestreadas: cianobacterias, algas verdes, diatomeas y flagelados. Las cianobacterias se constituyeron en el grupo dominante en las piscinas contribuyendo con el  $96.3 \pm 5.7$  % de abundancia de la población total (Tabla VI).

En las cianobacterias Chroococcales, se encontró los géneros *Aphanothece*, *Chroococcus*, *Merismopedia* y *Synechocystis*; en las cianobacterias Hormogonales se encontró los géneros *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Oscillatoria* y *Spirulina*.

En las Chroococcales el género dominante fue *Synechocystis*, con una población promedio de  $1244 \pm 953$  ( $10^3$  Uni.mL<sup>-1</sup>) del conteo total de fitoplancton, mientras que en las Hormogonales dominó el género *Oscillatoria* con una población de  $91.4 \pm 220$  ( $10^3$  Uni.mL<sup>-1</sup>) del conteo total del fitoplancton (Fig. 9a y 9b).

El segundo grupo más representativo fueron las diatomeas con un porcentaje de  $3.2 \pm 5.3$  % de la población total del fitoplancton (Tabla VI); en las diatomeas Centrales, se encontró los géneros *Chaetoceros* y *Thalassiosira*; en las diatomeas Pennales se encontró los géneros *Cocconeis*, *Navicula*, *Nitzchia* y *Pleurosigma*.

El grupo de las Algas verdes representaron el  $0.4 \pm 0.9$  % de la población total del fitoplancton, encontrándose los géneros *Chlorella* y *Closterium*; los Flagelados

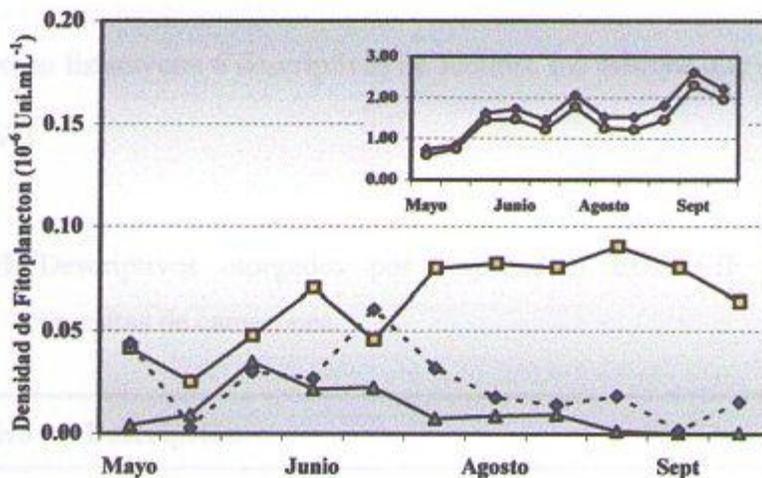
representaron el  $0.0 \pm 0.1$  % de la población total del fitoplancton con el género *Protoperidinium*. Los mayores valores de cianobacterias y diatomeas se encontraron en la zona de Pedernales (Fig. 9 b).

**Tabla VI.** Promedios de conteos totales de fitoplancton en las diferentes zonas de muestreos.

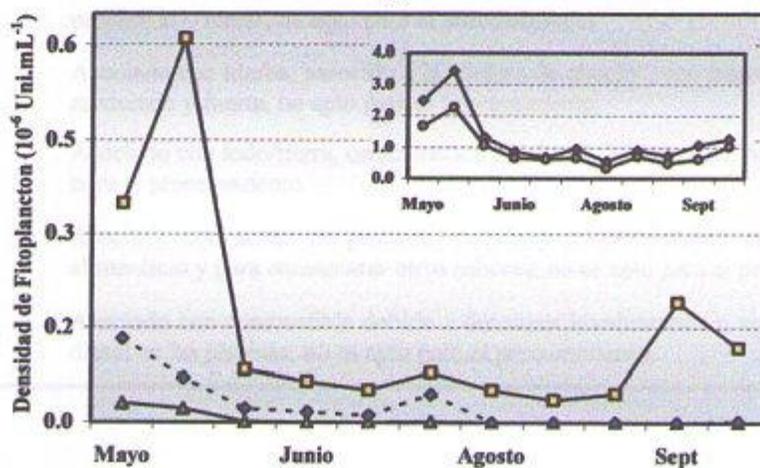
Variable	Bahía de Caráquez	Pedernales	Manabí
<b>Fitoplancton (<math>10^3</math> Uni.mL<sup>-1</sup>)</b>	1683 ± 948	1281 ± 1.378	1529 ± 1.144
<b>Cianobacterias (<math>10^3</math> Uni.mL<sup>-1</sup>)</b>	1636 ± 955	1.259 ± 1.377	1492 ± 1.146
<b>Chroococcales</b>	1488 ± 918	1023 ± 1013	1310 ± 979
<i>Aphanothece</i>	34.0 ± 28.7	25.1 ± 22.7	30.6 ± 26.9
<i>Chroococcus</i>	21.5 ± 27.5	57.1 ± 72.6	35.2 ± 52.6
<i>Merismopedia</i>	0.1 ± 0.6	0.1 ± 0.9	0.1 ± 0.7
<i>Synechocystis</i>	1432 ± 899	940 ± 965	1244 ± 953
<b>Hormogonales</b>	148 ± 168	236 ± 539	182 ± 359
<i>Anabaena</i>	11.8 ± 29.0	4.6 ± 20.3	9.0 ± 26.1
<i>Anabaenopsis</i>	23.2 ± 59.0	30.3 ± 66.5	25.9 ± 61.9
<i>Oscillatoria</i>	67.8 ± 85.7	129.8 ± 337.2	91.4 ± 220
<i>Spirulina</i>	45.9 ± 47.5	72.1 ± 176.8	55.9 ± 115.6
<b>Algas verdes (<math>10^3</math> Uni.mL<sup>-1</sup>)</b>	7.1 ± 8.1	0.0 ± 0.3	6.8 ± 8.6
<i>Chlorella</i>	7.1 ± 8.1	0.0 ± 0.3	4.4 ± 7.2
<i>Closterium</i>	0.5 ± 2.7	0.0 ± 0.3	0.3 ± 2.1
<b>Diatomeas (<math>10^3</math> Uni.mL<sup>-1</sup>)</b>	38.2 ± 70.8	21.2 ± 18.3	31.7 ± 57.3
<b>Centrales</b>	6.0 ± 21.5	3.7 ± 5.2	5.1 ± 17.2
<i>Chaetoceros</i>	0.0 ± 0.2	0.2 ± 1.1	0.1 ± 0.7
<i>Thalassiosira</i>	6.0 ± 21.6	3.5 ± 5.3	5.0 ± 17.3
<b>Pennales</b>	32.1 ± 68.2	17.4 ± 16.5	26.5 ± 55
<i>Cocconeis</i>	1.5 ± 2.2	0 ± 0	0.9 ± 1.9
<i>Navicula</i>	2.9 ± 4.0	5.5 ± 9.1	3.9 ± 6.6
<i>Nitzchia</i>	18.5 ± 43.0	11.6 ± 13.2	15.9 ± 34.9
<i>Pleurosigma</i>	9.0 ± 41	0.2 ± 1.1	5.7 ± 32.4
<b>Flagelados (<math>10^2</math> Uni.mL<sup>-1</sup>)</b>	0.2 ± 0.9	0.0 ± 0.6	0.2 ± 0.8
<b>Peridinales</b>	0.2 ± 0.9	0.0 ± 0.6	0.2 ± 0.8
<i>Protoperidinium</i>	0.2 ± 0.9	0.0 ± 0.6	0.2 ± 0.8
<b>Cianobacterias (%)</b>	96.0 ± 7	96.8 ± 2.8	96.3 ± 5.7
<b>Algas verdes (%)</b>	0.7 ± 1.1	0.0 ± 0.1	0.4 ± 0.9
<b>Diatomeas (%)</b>	3.2 ± 6.4	3.2 ± 2.8	3.2 ± 5.3
<b>Flagelados (%)</b>	0.0 ± 0.2	0.0 ± 0.1	0.0 ± 0.1

3.3. ANÁLISIS DE MALOS SABORES (MSB) (1997/1998)

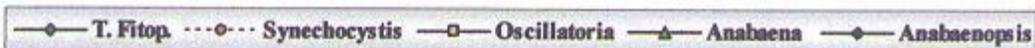
a)



b)



PERÍODO DE MUESTREO



**Figura 9.** Fluctuación del conteo total de Fitoplancton, *Synechocystis*, *Oscillatoria*, *Anabaena*, *Anabaenopsis* durante el período de muestreo: (a) Zona de Bahía de Caráquez; (b) Zona de Pedernales.

### 3.3. ANÁLISIS DE MALOS SABORES (*Off-flavor*).

Se elaboró un listado con 6 descriptivos de sabores, los mismos que se detallan en la Tabla VII.

**Tabla VII.** Descriptivos otorgados por empacadora EDPACIF a diferentes muestras de camarones.

<b>Descriptivo</b>	<b>Descripción</b>
Bueno	Asociado a marisco, apto para el procesamiento.
Palo seco	Asociado a madera seca o a matorral calificado en intensidades: leve, moderado y fuerte, no apto para el procesamiento
Choclo	Asociado con hierba, parecido a la “pelusa de choclo”, con intensidades: leve, moderado y fuerte, no apto para el procesamiento.
Lodo/Tierra	Asociado con lodo/tierra, característico del fondo del estanque, no es apto para el procesamiento.
Aceite de pescado	Asociado con aceite de pescado, debido a su dosificación en suplemento alimenticio y para enmascarar otros sabores, no es apto para el procesamiento.
Combustible	Asociado con combustible debido a derrames involuntarios o aplicaciones de diesel en las piscinas, no es apto para el procesamiento.

#### 3.3.1. OCURRENCIA DE MALOS SABORES (*Off-flavor*).

En la zona de Bahía de Caráquez, la camaronera Benneton (Fig. 10a) presentó una ocurrencia de malos sabores pasados los 40 días de cultivo, el sabor a choclo presentó una intensidad máxima de 1.7, mientras que el sabor a palo seco tuvo una intensidad máxima de 1.

La camaronera Canema presentó malos sabores a partir de los 37 días de cultivo,

el sabor a choclo se manifestó con una intensidad de 0.7 y el sabor a palo seco con una intensidad de 0.7 (Fig. 10b).

La camaronera La Perla presentó malos sabores a partir de los 26 días de cultivo, el sabor a choclo tuvo un valor máximo de intensidad de 3, mientras que el sabor a palo seco tuvo una intensidad máxima de 2.5 (Fig. 10c).

La camaronera Puccio presentó malos sabores a partir de los 42 días de cultivo, el sabor a choclo tuvo una intensidad máxima de 3 y el sabor a palo seco presentó una intensidad máxima de 3 (Fig. 10d).

En la zona de Pedernales, la camaronera CENAIM presentó malos sabores a partir de los 71 días de cultivo; el sabor a choclo tuvo una intensidad máxima de 1, mientras que el sabor a palo seco, tuvo una intensidad máxima de 1 (Fig. 11a).

La camaronera Los Ángeles presentó sabor a palo seco a los 36 días de cultivo, con una intensidad máxima de 1 (Fig. 11b).

La camaronera La Violeta, tuvo malos sabores desde el día 54, con una intensidad máxima de sabor a choclo de 1.3, mientras que el sabor a palo seco tuvo una intensidad de 0.3 (Fig. 11c). La camaronera Ponderosa, no presentó malos sabores durante el periodo de muestreo (Fig. 11d).

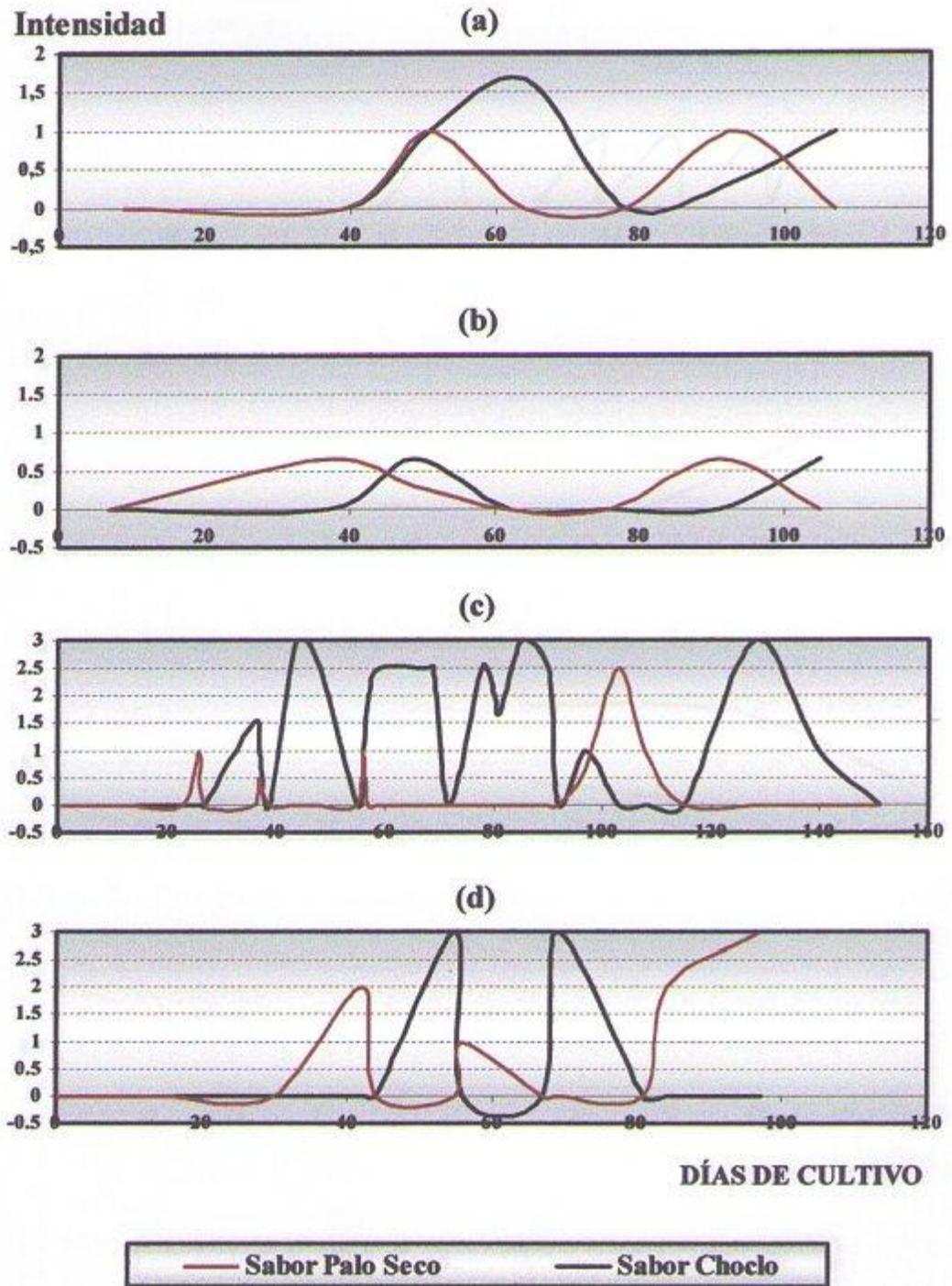
El  $52.8 \pm 27.9$  % de las muestras presentaron un buen sabor; mientras que los valores de malos sabores se situaron en un promedio de  $67.7 \pm 44.3$  %; donde el Sabor a Palo Seco obtuvo  $17.1 \pm 21.4$  %; el Sabor a Choclo obtuvo  $29.4 \pm 20.7$  %; y Otros sabores  $0.7 \pm 4.5$  %.

Pedernales (Fig. 12a), fue la zona con menor incidencia de malos sabores, donde se encontró un  $16.7 \pm 29.2$  % de Sabor a Palo Seco y  $12.8 \pm 17.8$  % de Sabor a Choclo.

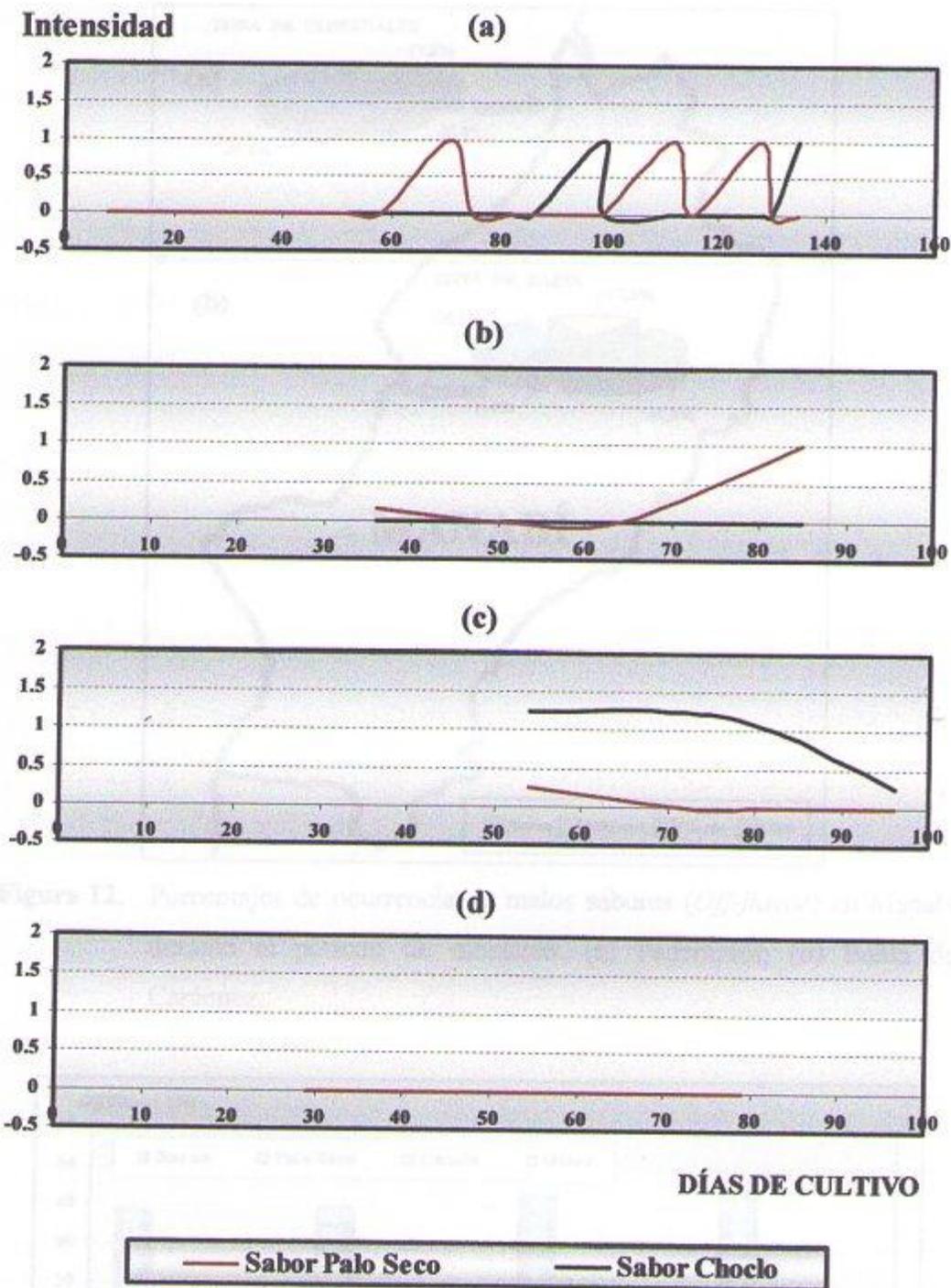
Bahía de Caráquez (Fig. 12b), fue la zona donde hubo una mayor ocurrencia de Palo Seco con un  $17.5 \pm 13.5$  %; el Sabor a Choclo tuvo una ocurrencia de  $46.0 \pm 23.5$  %, además se obtuvo  $1.4 \pm 4.5$  % de Otros sabores.

De las muestras de camarones de diferentes procedencias, recibidas en la empacadora EDPACIF, se determinó que los porcentajes de *Off flavor* en la zona de Pedernales durante el período de estudio, tendieron a disminuir a partir del mes de julio (Fig. 13).

Comparando criterios globales de la empacadora Edpacif y una persona especializada, (L. Massaut-CENAIM), se determinó que el  $72.7 \pm 38.9$  % de las muestras presentaron consistencia en cuanto a criterios de descriptivos de sabores; el sabor a choclo presentó 74.3% de consistencia, mientras que el sabor a palo seco, sólo presentó un 27.5 % de consistencia de criterios (Fig. 14).



**Figura 10.** Evolución de Sabor a Palo Seco y Sabor a Choclo durante el ciclo de producción en las camaroneras: (a) Benneton; (b) Canema; (c) La Perla; (d) Puccio, en la zona de Bahía de Caráquez.



**Figura 11.** Evolución de Sabor a Palo Seco y Sabor a Choclo durante el ciclo de producción en las camaroneras: (a) CENAIM; (b) La Violeta; (c) Los Ángeles; (d) Ponderosa, en la zona de Pedernales.

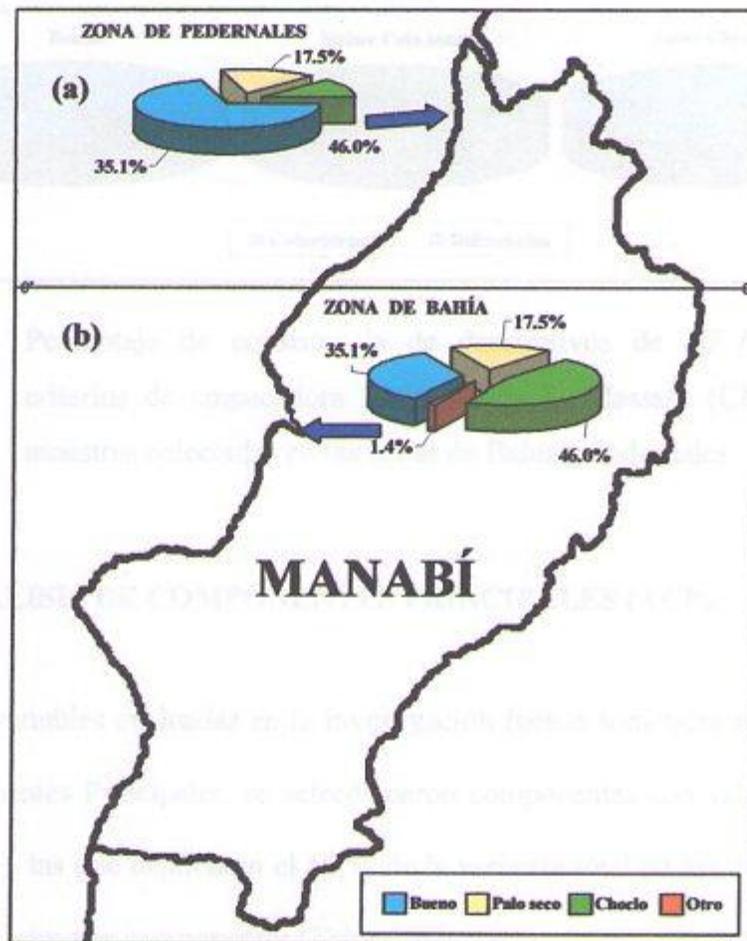


Figura 12. Porcentajes de ocurrencia de malos sabores (*Off-flavor*) en Manabí durante el período de muestreo: (a) Pedernales; (b) Bahía de Caráquez.

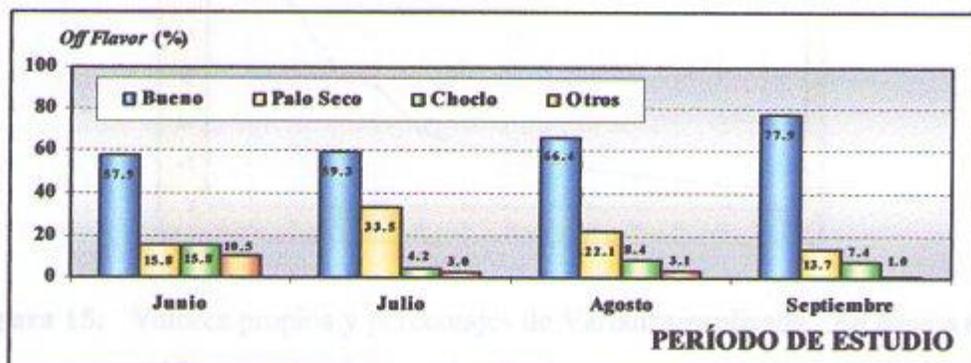


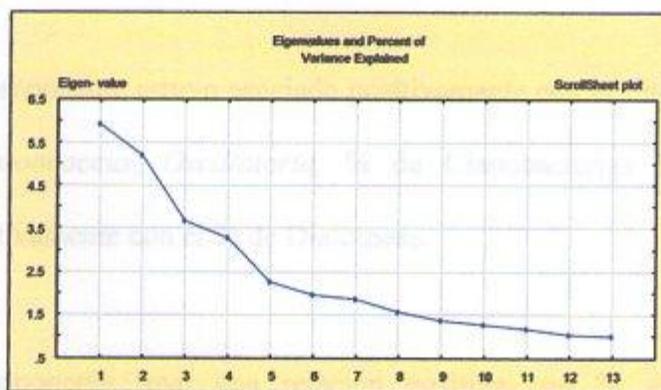
Figura 13. Porcentajes de *Off flavor* en la zona de Pedernales detectados en empacadora EDPACIF durante el periodo de estudio.



**Figura 14.** Porcentaje de consistencia de descriptivos de *off flavor* según criterios de empacadora EDPACIF y L. Massaut (CENAIM), de muestras colectadas en las zonas de Bahía y Pedernales.

### 3.4. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).

Todas las variables evaluadas en la investigación fueron sometidas a un Análisis de Componentes Principales, se seleccionaron componentes con valores propios >1 (Fig. 15), las que explicaron el 59 % de la varianza total de los datos a través de los siete primeros componentes (Tabla VIII).



**Figura 15.** Valores propios y porcentajes de Varianza explicada. En base a este gráfico se seleccionaron los 7 primeros componentes principales que explicaron el 59 % de variabilidad de los datos.

**Tabla VIII.** Valores propios y varianza explicada por los Componentes Principales.

Componentes principales	Valores propios	Varianza explicada %	Acumulado %
1	5,945	14,5	14,5
2	5,193	12,7	27,2
3	3,697	9,0	36,2
4	3,297	8,0	44,2
5	2,246	5,5	49,7
6	1,943	4,7	54,4
7	1,867	4,6	59,0

Los coeficientes de correlación entre las 7 variables seleccionadas (Tabla IX), mostraron que el primer componente presentó una correlación positiva con la *Anabaena*, % de *Anabaena*, % de *Oscillatoria*, Sabor choclo, Supervivencia, % de *Anabaenopsis* y % de Algas verdes; y una relación negativa con % de *Synechocystis* y la Salinidad.

El segundo componente estuvo asociado positivamente con el Fitoplancton Total, *Spirulina*, *Chroococcus*, *Oscillatoria*, % de Cianobacterias *Synechocystis* y asociado negativamente con el % de Diatomeas.

El tercer componente tuvo una relación positiva con % *Aphanothece*, % *Chroococcus*, % *Oscillatoria*, % *Spirulina* y una relación negativa con *Synechocystis*, % *Synechocystis*.

El cuarto componente estuvo asociado positivamente con *Nitzschia*, % de

Diatomeas y asociado negativamente con % de Cianobacterias; el quinto componente estuvo inversamente relacionado con la Densidad de siembra y *Closterium*; el sexto componente estuvo asociado positivamente con *Protoperdinium* y % Dinoflagelados, el último componente tuvo una relación negativa con *Aphanothece* y *Cocconeis*.

### 3.4.1. ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

En base a los resultados de ACP se seleccionaron las variables para el análisis de regresión múltiple: temperatura (°C), pH, lectura del Disco Secchi (cm), e incluyeron los siguientes géneros del fitoplancton; *Anabaena* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Aphanothece* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Chroococcus* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Oscillatoria* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Chlorella* (Uni.mL<sup>-1</sup>), *Closterium* (Uni.mL<sup>-1</sup>).

Las variables seleccionadas como dependientes para cada una de las ecuaciones de regresión fueron: Sabor a choclo y Sabor a palo seco, basándose en los objetivos de trabajo.

Los modelos de regresión encontrados tuvieron una predicción altamente significativa ( $p < 0,01$ ), sin embargo explicaron solamente entre 10.5 y 43.7 % de la variabilidad de los datos (Tabla X).

**Tabla IX.** Coeficientes de correlación entre variables originales y los componentes principales (CP). Los coeficientes mayores a 0,50 fueron considerados.

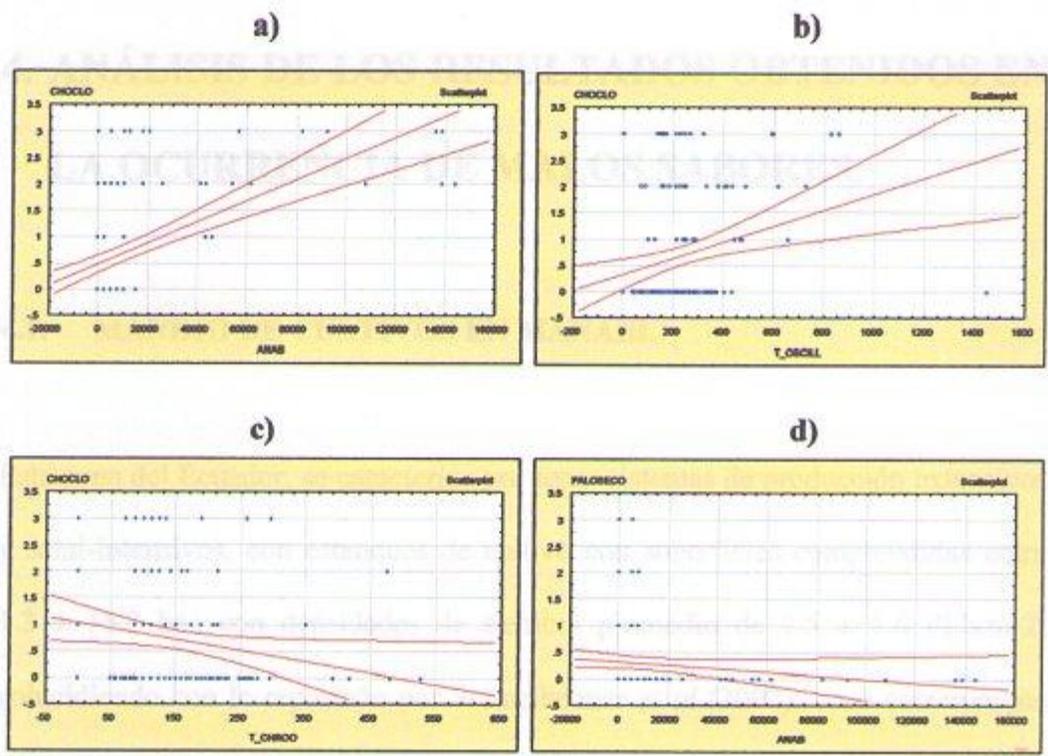
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7
Mes	-0,28	-0,05	-0,08	<b>0,49</b>	0,27	-0,23	-0,36
Supervivencia	<b>0,59</b>	-0,22	-0,15	-0,08	0,23	-0,01	0,22
Densidad siembra	0,28	0,06	-0,02	-0,00	<b>-0,59</b>	-0,09	0,01
Salinidad	<b>-0,69</b>	0,03	0,23	0,24	0,29	0,21	-0,16
Temperatura	0,16	0,06	<b>-0,45</b>	-0,12	-0,28	-0,17	-0,21
pH	<b>0,49</b>	0,33	-0,21	-0,12	-0,11	-0,02	-0,01
Disco Secchi	-0,22	-0,30	0,41	-0,21	<b>-0,48</b>	-0,15	-0,09
Nivel de agua	0,28	<b>0,45</b>	-0,24	-0,06	-0,21	0,19	-0,05
Recambio	0,26	0,29	0,20	-0,08	-0,33	0,09	0,04
Peso camarón	0,40	-0,13	0,07	0,29	-0,16	-0,13	0,02
Sabor choclo	<b>0,60</b>	0,03	-0,20	-0,23	0,13	-0,09	-0,19
Sabor palo seco	-0,10	-0,11	-0,08	0,33	0,13	-0,18	0,36
<i>Aphanothece</i>	-0,38	0,12	0,07	0,23	0,22	-0,05	<b>-0,67</b>
<i>Chroococcus</i>	0,06	<b>0,69</b>	0,21	0,20	0,01	0,10	0,16
<i>Merismopedia</i>	-0,15	0,08	-0,14	0,08	-0,13	0,04	-0,13
<i>Synechocystis</i>	-0,26	<b>0,59</b>	<b>-0,55</b>	0,35	-0,00	0,02	-0,07
<i>Anabaena</i>	<b>0,72</b>	0,05	-0,23	-0,28	0,30	0,11	-0,09
<i>Anabaenopsis</i>	0,44	<b>0,47</b>	-0,19	-0,18	0,16	-0,22	-0,03
<i>Oscillatoria</i>	0,38	<b>0,66</b>	0,28	0,35	0,00	-0,02	0,16
<i>Spirulina</i>	0,10	<b>0,72</b>	0,22	<b>0,47</b>	-0,08	0,07	0,05
<i>Chlorella</i>	0,39	-0,27	-0,28	0,41	0,25	-0,40	-0,07
<i>Closterium</i>	0,23	-0,11	-0,10	-0,06	<b>-0,61</b>	-0,03	-0,25
<i>Chaetoceros</i>	0,25	0,31	0,21	0,30	-0,08	0,38	0,22
<i>Thalassiosira</i>	-0,01	-0,21	0,02	0,28	0,22	-0,28	0,01
<i>Navicula</i>	-0,25	0,25	0,10	0,15	-0,01	0,09	-0,26
<i>Nitzschia</i>	0,17	-0,30	0,02	<b>0,52</b>	-0,19	0,01	-0,10
<i>Cocconeis</i>	0,23	-0,13	-0,31	0,12	-0,39	0,00	<b>-0,50</b>
<i>Pleurosigma</i>	0,35	-0,37	0,07	<b>0,48</b>	-0,14	0,03	0,13
<i>Protoperidinium</i>	0,30	-0,14	-0,11	0,03	0,08	<b>0,58</b>	-0,36
Fitoplancton total	-0,09	<b>0,73</b>	-0,40	0,45	0,01	0,01	-0,04
% Cianobacteria	-0,41	<b>0,63</b>	-0,20	<b>-0,51</b>	0,12	-0,09	-0,03
% <i>Aphanothece</i>	-0,14	-0,22	<b>0,61</b>	-0,19	0,14	-0,10	-0,38
% <i>Chroococcus</i>	0,00	0,06	<b>0,70</b>	-0,31	0,02	-0,00	0,06
% <i>Synechococcus</i>	<b>-0,62</b>	-0,20	<b>-0,65</b>	0,14	-0,19	0,09	0,21
% <i>Anabaena</i>	<b>0,65</b>	-0,14	-0,14	-0,18	0,24	0,36	-0,09
% <i>Anabaenopsis</i>	<b>0,58</b>	0,33	-0,02	-0,28	0,12	-0,29	-0,20
% <i>Oscillatoria</i>	<b>0,63</b>	0,25	<b>0,50</b>	0,11	0,14	-0,19	-0,04
% <i>Spirulina</i>	0,14	<b>0,49</b>	<b>0,62</b>	0,23	-0,12	-0,15	-0,22
% Algas verdes	<b>0,56</b>	-0,42	-0,14	0,28	0,18	-0,22	-0,01
% Diatomeas	0,36	<b>-0,61</b>	0,24	<b>0,50</b>	-0,15	0,12	0,05
% Dinoflagelados	0,25	-0,19	0,04	0,09	0,18	<b>0,72</b>	-0,13

**Tabla X.** Regresiones múltiples obtenidas con sus respectivos coeficientes de determinación ajustados.

Regresión		P	r <sup>2</sup>
Y(Sabor a Choclo) =	-5.910 + 0.00693 ( <i>Anabaena</i> ) + 1.498 (Disco Secchi) – 0.0102 ( <i>Closterium</i> ) + 0.00123 ( <i>Oscillatoria</i> ) – 0.00231 ( <i>Chroococcus</i> ) + 0.223 (pH) + 0.0787 (Temperatura)	<0,01	43.7%
Y(Sabor a Palo Seco) =	1.963 + 0.00456( <i>Chlorella</i> ) - 0.00186 ( <i>Anabaena</i> ) – 0.00142 ( <i>Aphanothece</i> ) – 0.0575 (Temperatura) – 0.00428 ( <i>Closterium</i> )	<0,01	10.5%

La regresión obtenida para el sabor a choclo fue altamente significativa y explicó el 43.7 % de su variabilidad (Tabla X). Explicando, que la ocurrencia del sabor a choclo está principalmente asociada con la dominancia de cianobacterias filamentosas de los géneros *Anabaena* y *Oscillatoria* (Fig. 16 a y b) dentro de la población fitoplanctónica e inversamente relacionada con la presencia de los géneros *Closterium* (alga verde) y *Chroococcus* (cianobacteria unicelular de mediano tamaño, Fig. 16 c). Sin embargo, el sabor a choclo no fue relacionado con conteos altos de fitoplancton o turbidez alta (relación positiva con la lectura del disco Secchi), tampoco con ninguno de los parámetros de manejo medidos durante el estudio (Tabla X).

La regresión lineal para el sabor a palo seco sólo explicó el 10.5 % de su variabilidad (Tabla X), indica una relación positiva con el género *Chlorella* y relaciones inversas con variables que fueron asociadas anteriormente con el sabor a choclo (*Anabaena*, *Aphanothece*, Temperatura, *Closterium*).



**Figura 16.** Regresiones lineales entre la intensidad de Sabor a Choclo y la concentración de *Anabaena* (a); *Oscillatoria* (b); *Chroococcus* (c). Los datos para *Oscillatoria* y *Chroococcus* presentan transformación ( $\sqrt{x}$ ); entre la intensidad de Sabor a Palo Seco y la concentración de *Anabaena* (d).

Los rendimientos promedio de Soacha en este estudio (834 ± 245 lbs ha<sup>-1</sup> y 111 ± 1.8 g), difieren lo reportado por el INP (2004), en un cultivo convencional en la zona de Muisca, donde la producción no superó las 100 lbs ha<sup>-1</sup> con un costo de 9-10 g, mientras que en la zona de Anaco y Tánchigüé las producciones alcanzaron entre 300 y 500 lbs ha<sup>-1</sup> con peso de 16-16 g, esto, debido a la presencia de enfermedades como WSSV, bacterias y bajos niveles de tecnologías de cultivo. Reguera (2001), manifiesta que históricamente en Colombia los

## 4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA OCURRENCIA DE MALOS SABORES.

### 4.1. MANEJO DE CULTIVOS EN MANABÍ.

Esta zona del Ecuador, se caracteriza por tener sistemas de producción extensivos y semi-intensivos, con estanques de cultivo con superficies comprendidas entre  $1.3 \pm 15.2$  ha., con densidades de siembra promedio de  $7.5 \pm 1.6$  PL's.m<sup>-2</sup>, coincidiendo con lo reportado por Sonnelhozner *et al* (2002); unos camaroneros prefieren sembrar directamente las postlarvas en las piscinas y otros en precriaderos para luego transferir juveniles de 1 y 2 g a los estanques de cultivo, reduciendo los días de cultivo, logrando efectuar hasta 3 y 4 cosechas por año (Biol. Fanny Ortega, comunicación personal, Camaronera Los Ángeles-Pedernales) y alcanzar mejores supervivencias.

Los rendimientos promedio de cosecha en este estudio ( $634 \pm 245$  lbs.ha<sup>-1</sup> y  $11.1 \pm 1.8$  g.), difieren lo reportado por el INP (2004), en un control zosanitario en la zona de Muisne, donde la producción no superó las 200 Lb.ha<sup>-1</sup> con camarón de 9-10 g, mientras que en la zona de Atacames y Tonchigüe las producciones alcanzaron entre 300 y 500 Lb.ha<sup>-1</sup> con peso de 14 -16 g, esto, debido a la presencia de enfermedades como WSSV, bacterias y bajos niveles de tecnologías de cultivo. Regueira (2001), manifestó que históricamente en Ecuador los

rendimientos de cosecha, siempre han sido superiores entre los meses de enero y abril. Córdova y De Wind (2000) señalan que mejores supervivencias fueron obtenidas en las piscinas cuando fueron sembradas con PL<sub>30</sub> provenientes de precriaderos, "raceways" o tanques de larvicultura sembrados con PL<sub>11-12</sub>, de forma directa.

El recambio de agua ha sido usado en el cultivo extensivo del camarón para suministrar al estanque agua con nutrientes y organismos que sirvan de alimento al camarón, prevenir la alta salinidad y suministrar oxígeno (Haws, *et al.* 2001). Los regímenes de recambios en los estanques estuvieron en un promedio de  $6.2 \pm 9.9\%$ , inferior a lo recomendado por Boyd (1998a) en que las tasas más frecuentes deben ir del 10% al 15% del volumen total por día; sin embargo no en todas las camaroneras se realizaba un intercambio de agua diario, como en el caso de la camaronera CENAIM que sólo se lo hizo en días previos a la cosecha en un 5%. Otra camaronera (La Violeta), a más de realizar un recambio entre el 5 y 10% diario, como práctica de manejo enviaba agua por medio de bombas, de una piscina con densa población fitoplanctónica a otra con baja densidad, al parecer para inducir al florecimiento de algas deseadas en el estanque receptor.

#### **4.2. PARÁMETROS AMBIENTALES.**

Un gran número de factores físicos, químicos y biológicos que influyen sobre el desarrollo del camarón: oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH y turbidez,

cuyos valores sean superiores o inferiores a los óptimos pueden alterar considerablemente su crecimiento, supervivencia, metabolismo y alimentación. Boyd (1998) señala que 5 - 15 mg.L<sup>-1</sup>, 25 - 32 °C, 5 - 35 ppt, 5 - 9.0 y 30 - 40 cm, como los rangos aceptables de las concentraciones de oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH y turbidez respectivamente. Boyd y Tucker, (1998) reportan que en Ecuador la temperatura del agua en piscinas de cultivo puede alcanzar valores entre los 28 ° y 31°C en época cálida; durante la estación seca, la temperatura del agua puede caer a 23 o 24 °C. En este estudio, los valores de temperatura promedio superficial de los estanques en la mañana, estuvo en 26.9 ± 1.3 °C, observándose un marcado descenso al final de las observaciones (30 a 23.4 °C), se estima que el descenso se debió al cambio de estación climática. Sonnenholzner (2002) observó rangos en temperaturas entre 28–35 °C en *L. vannamei*.

Durante la estación húmeda, debido a las abundantes lluvias, altas descargas de agua dulce de los ríos entran a los estuarios causando declinar valores de salinidad (Boyd, 1990). Rodríguez (2003), registró valores de 11 a 4 g.L<sup>-1</sup>; en este estudio, al inicio de las observaciones Pedernales y Bahía registraron un valor de 6 g.L<sup>-1</sup>, al final los valores marcaron un notable incremento de 36 y 37 g.L<sup>-1</sup> respectivamente, lo que podría estar atribuido al cambio de estación, reducido porcentaje de recambios y a la evaporación generada por la elevada temperatura en el medio; el INP (2004), reportó valores de 1-32 g.L<sup>-1</sup> en la zona de Esmeraldas.

El término de pH, refiere a la concentración de iones de hidrógeno en el agua, generalmente refiere como la acidez (< 6.5) o basicidad del agua (> 10). Boyd y Turker (1998) manifiestan que el rango óptimo para crecimiento y salud de muchos animales acuáticos está entre 6.5 - 9.0, Tsai (1990) considera que el rango óptimo para cultivos de camarón es de 5.5 - 8.5. El pH del agua en este estudio osciló entre 6 y 10, los mayores valores se registraron en estanques con poblaciones elevadas de *Anabaena* y *Oscillatoria*, aguas ácidas o aguas básicas es perjudicial a las branquias del camarón y las tasas de crecimiento pueden ser reprimidas. Kautsky (2000), menciona que el cambio brusco de pH provoca muertes masivas en el cultivo y puede provocar ciertas alteraciones en el medio.

%, las algas verdes el 0.4 ± 0.9 % y los flagelados el 0.0 ± 0.1 % de la población.

En muchas piscinas de cultivos de peces y crustáceos, el plancton es la fuente primaria de turbidez, el disco Secchi provee un índice de abundancia del fitoplancton (Boyd y Tucker, 1998). En estanques de cultivo de camarón es deseable una visibilidad del disco de 30-40 cm. Las floraciones altas de plancton pueden restringir la visibilidad del disco a menos de 30 cm. provocando problemas de bajas concentraciones de oxígeno disuelto (Boyd y Tucker, 1992). En este estudio la lectura del Disco Secchi osciló entre 90 y 15 cm, en las primeras observaciones de la zona de Bahía, se registraron valores altos de visibilidad debido a la baja concentración de fitoplancton, mientras que valores bajos de visibilidad se produjo en piscinas donde se encontró densas poblaciones de *Anabaena* y *Oscillatoria* y algas verdes. (Rodríguez, 2003; Ortiz, 2003)

#### 4.3. FITOPLANCTON.

Según Paerl y Tucker (1995), las comunidades de fitoplancton son un esencial componente y la base de la cadena alimenticia de muchos sistemas de cultivos en estanques que dependen de alimento natural para mantener la producción de peces o crustáceos y como estabilizador de ciertas condiciones en el agua de cultivo del estanque. Cajas *et al.* (2000) determinaron que en camaroneras ecuatorianas, las cianobacterias, diatomeas, algas verdes y los dinoflagelados son los grupos taxonómicos más importantes. Esto se coincide con los resultados de este estudio donde las cianobacterias representaron el  $96.3 \pm 5.7 \%$ , las diatomeas el  $3.2 \pm 5.3 \%$ , las algas verdes el  $0.4 \pm 0.9 \%$  y los flagelados el  $0.0 \pm 0.1 \%$  de la población total de fitoplancton respectivamente. De la Cuadra *et al.* (1998), indicaron que estos grupos son algas comunes de la costa ecuatoriana. El género *Synechocystis* spp., tuvo una predominancia del 82%. Las cianobacterias son generalmente consideradas componentes indeseables de la comunidad del fitoplancton en piscinas de peces (Tucker, 1996).

En las camaroneras con bajas salinidades ( $6-24 \text{ g.L}^{-1}$ ), se encontró los géneros *Oscillatoria* spp, *Anabaena* spp., a los que se les ha atribuido ser los causantes de problema de malos sabores (*off-flavor*) en sistemas de cultivos tanto de peces (van der Ploeg, *et al.*, 1992; Tucker y Hargreaves, 2003) como de camarones (Person, 1982; Martin, 1991; Hoson, 1992; Alonso-Rodríguez, 2003; Ortiz, 2003).

Cajas *et al.* (2000), indicaron que durante la estación lluviosa *Oscillatoria limnetica* y *Oscillatoria amphygranulata* dominan en piscinas camaroneras en el Oro y Manabí; en el sector de Bahía de Caráquez también domina *Anabaena toluosa*, mientras varias especies del género *Oscillatoria tenuis* y *Phormidium molle* dominan en Esmeraldas. Boyd (1989), indicó que las diatomeas son el grupo dominante del fitoplancton en piscinas con aguas salobres, mientras que las cianobacterias dominan en piscinas con aguas de bajas salinidades en aguas templadas.

#### 4.4. ANÁLISIS DE MALOS SABORES.

Los sabores más comunes encontrados en acuicultura son causados por compuestos químicos que son de muy baja toxicidad a peces y crustáceos (Boyd y Tucker, 1998). Yurkowsky y Tabacheck (1974), identificaron y aislaron los compuestos altamente odoríferos Geosmina y 2-Metilisoborneol, que producen malos sabores en peces. Ortiz (2003) aisló la cianobacteria *Oscillatoria brevis*, de un cultivo de camarón en Ecuador. Lovell y Broce (1985) hacen el primer reporte científico del problema en camarones, refiere a descriptivos de olor a moho, aunque el olor es más próximo al olor del heno o hierba en camarón.

van der Ploeg (1992), menciona 25 descriptivos de sabores en 6 categorías (aceptable, algas verdes-azules, químicos, podrido, vegetales, olor a pescado), que son usados por panelistas de sabores de peces en la Universidad de Auburn en

Alabama. En Manabí, la empacadora EDPACIF, califica con seis descriptivos a los sabores de camarones: bueno, palo seco, choclo, lodo/tierra, pescado y combustible; de las muestras consideradas para este estudio reportó los descriptivos de bueno, palo seco y choclo, siendo estos dos últimos los que presentaron intensidades de leve, moderado y fuerte, tal como lo refirió Persson, (1980). Comparando resultados del panel de descriptores en la empacadora con los de una profesional (L. Massaut- CENAIM) capaz de discernir Geosmina, el sabor bueno y choclo muestran una consistencia en cuanto a descripción, mientras que con el sabor a palo seco no hay ningún tipo de coincidencias.

Persson (1980) indica que es posible usar métodos sensoriales para una cuantificación directa de compuestos olorosos a barro cuando los compuestos específicos son conocidos, sin embargo van der Ploeg (1992) afirma que todavía existe inconsistencias en la estandarización de la detección de diferentes sabores. Muchos de los compuestos específicos que causan sabores inaceptables en peces aún no han sido identificados.

Los peces y camarones absorben rápidamente los compuestos olorosos y generalmente los concentran en cuestión de minutos u horas (Martin *et al.*, 1991). En el presente estudio el sabor a palo seco se presentó en la zona de Bahía a partir de los 26 días de cultivo en camarones de 1.4 g., mientras que el sabor a choclo se presentó a los 36 días de cultivo en camarones de 2.24 g. En la zona de Pedernales sabores se presentaron a partir de los 36 días en camarones de 4.1 g., lo que hace

pensar que la captación de malos sabores no estaría relacionado ni con los días de cultivo, ni con el peso sino con las concentraciones de cianobacterias específicas productoras de compuestos químicos, presentes en los estanques de cultivos en cualquier etapa del cultivo.

#### 4.5. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).

Los siete primeros componentes obtenidos a través del ACP, explicaron el 59 % de la variabilidad total de los datos, encontrándose relaciones positivas entre los componentes principales y algas verdes-azules productoras de metabolitos olorosos presentes en la comunidad del fitoplancton, pH y relaciones negativas con parámetros medidos (temperatura, salinidad, turbidez).

Boyd (1998), refirió que el fitoplancton es el tipo predominante de plantas encontradas en la mayoría de estanques de cultivos, una excesiva abundancia puede provocar desbalances en aportes de oxígeno disuelto.

Paerl y Tucker (1995), manifestaron que las cianobacterias son componentes generalmente indeseables en la comunidad de fitoplancton en estanques de peces; ciertas especies (*Anabaena*, *Oscillatoria*, *Anabaenopsis*) pueden producir metabolitos olorosos que confieren sabores desagradables a los animales cultivados. Las especies encontradas en el estudio son comunes en ambientes acuícola con bajas salinidades, Cajas *et al.* (2000), indicaron que durante la

estación lluviosa *Oscillatoria limnetica* y *Oscillatoria amphygranulata* dominan en piscinas camaroneras en el Oro y Manabí; en el sector de Bahía de Caráquez también domina *Anabaena toluosa*.

Roberts, *et al.* (1987), afirmaron que óptimos crecimientos de la mayoría de cianobacterias ocurren en aguas con temperaturas  $>25$  °C. Si los niveles de salinidad son inferiores a 10 ppt, a medida que se incrementa la concentración de nutrientes disueltos, las cianobacterias se incrementan en la comunidad del fitoplancton (Massaut, 1999). Hargreaves, (2003) refirió que la luz juega un rol importante en el desarrollo de la cianobacterias, ya que están adaptadas a crecer bien a bajas intensidades de luz que otros fitoplancton.

#### 4.6. ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE.

El análisis de regresión múltiple indicó que el sabor a choclo estuvo positivamente relacionado con las cianobacterias filamentosas de los géneros *Anabaena* y *Oscillatoria*, sin embargo, no fue relacionado con conteos altos de fitoplancton o turbidez alta (relación positiva con la lectura del disco Secchi), tampoco con ninguno de los parámetros de manejo medidos durante el estudio, aunque las condiciones fueron favorables para el crecimiento de este tipo de algas. Van der Ploeg, *et al* (1992) manifestaron que especies de *Anabaena* pudieron ser responsables de la presencia de Geosmina y las causantes de malos sabores en peces cultivados en aguas blandas en Mississipi; sin embargo en cultivos en aguas

duras, la presencia de especies de *Oscillatoria* pudieron ser productoras de 2-Metylisoborneol en la misma área. Person (1980) encontró una correlación entre malos olores en una especie de perca y la cantidad de *Oscillatoria agardhii* en el fitoplancton de lagos; pero esto no parece depender de la biomasa absoluta de la *O. agardhii* sino de la proporción de esta alga en la comunidad del fitoplancton; lo que nos hace pensar que las proporciones de algas verdes-azules productoras de estos compuestos químicos encontradas en las piscinas muestreadas fueron suficientes para provocar malos sabores en los camarones cultivados.

Se explicó sólo el 10.5 % de la variabilidad del sabor a palo seco a través de relaciones inversas con variables que fueron asociadas anteriormente con el sabor a choclo. No se piensa que estas variables pueden predecir la ocurrencia del problema de sabor a palo seco, pero que refleja la percepción de los productores, que el sabor a palo seco sucede justo antes o después de un evento de sabor a choclo y que podría representar un mal sabor derivado del sabor a choclo.

## CONCLUSIONES.

- En las dos zonas de muestreos se encontró a los géneros *Anabaena*, *Anabaenopsis* y *Oscillatoria*, cianobacterias que están consideradas de provocar malos sabores en camarones.
- De los descriptivos que EDPACIF otorga a las muestras de camarones, en las piscinas muestreadas se encontró los siguientes sabores: bueno, palo seco, choclo.
- Pedernales fue la zona con menor incidencia de malos sabores, donde se encontró un  $16.7 \pm 29.2$  % de Sabor a Palo Seco y  $12.8 \pm 17.8$  % de Sabor a Choclo. Bahía de Caráquez, fue la zona donde hubo una mayor ocurrencia de Palo Seco con un  $17.5 \pm 13.5$  %; el Sabor a Choclo tuvo una ocurrencia de  $46.0 \pm 23.5$  %.
- Comparando criterios de pruebas sensoriales, sólo el sabor a choclo muestra una consistencia entre probadores especializados.
- La regresión obtenida para el sabor a choclo demuestra que la ocurrencia del sabor a choclo estuvo principalmente asociada con la dominancia de cianobacterias filamentosas de los géneros *Anabaena* y *Oscillatoria*.

Los malos sabores en camarones se pueden presentar en cualquier momento del cultivo, considerando la presencia de cianobacterias productoras de compuestos químicos que provocan este problema.

Para estudios posteriores se recomienda realizar el monitoreo de praderas, en el periodo de estacionamiento, puesto que la incidencia del problema de malos sabores, es predominantemente en esta época.

Se sugiere que los pruebas sensoriales de *Off flavor* deben ser realizadas paralelas con pruebas de cromatografía, para establecer el compuesto químico responsable de malos sabores, la intensidad y poder compararlo con los descriptivos otorgados por estudios profesionales.

Para evitar el riesgo Plan de manejo de *Off flavor*, es necesario realizar:

- ✓ Examen del agua para verificar presencia de *Anabaena*, *Cyanoecista* y *Chlorococoides*.
- ✓ Pruebas de depuración de *Off flavor* del estanque.
- ✓ Usar alguicidas para eliminar las algas que producen *Off flavor* y recordar que el camarón deposita en el estanque de desarrollo.

## RECOMENDACIONES

- Para estudios posteriores se recomienda realizar el monitoreo de piscinas, en el período de estación lluviosa, puesto que la incidencia del problema de malos sabores, es predominante en esta época.
- Se sugiere que las pruebas sensoriales de *Off flavor* deben ser realizadas paralelas con pruebas de cromatografía, para establecer el compuesto químico causante de malos sabores, la intensidad y poder comparar con los descriptivos otorgados por catadores profesionales.
- Para encontrar un buen Plan de manejo de *Off flavor*, es necesario realizar:
  - ✓ Examen del agua para verificar presencia de *Anabaena*, *Anabaenopsis* u *Oscillatoria*.
  - ✓ Probar tasa de depuración de *Off flavor* del camarón.
  - ✓ Usar alguicidas para eliminar las algas que producen *Off flavor* y permitir que el camarón depure en el estanque de desarrollo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso-Rodríguez, R., y F. Páez-Osuna. 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture* 219:317-336.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association, y Water Environment Federation. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Edition. APHA, Washington D.D., EE.UU.
- Acuicultura del Ecuador. 1998. Malos olores en la acuicultura de origen microbiano. 23:30-42
- Boyd, C.E. 1989. *Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming*. Departamental Series N°2, AL: Auburn University/Alabama Agricultural Experiment Station.
- Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Auburn, AL: Auburn University/Alabama Agricultural Experiment Station.
- Boyd, C. E. 1998. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Auburn University. Auburn AL, USA.
- Boyd, C.E. 1998a. Manejo de la Productividad natural en cultivos de camarón semi-intensivos. *Acuicultura del Ecuador*. 26: 22-27

- Boyd, C.E. 1999. Shrimp pond management techniques for an acceptable water quality and pond bottom maintenance. *Acuicultura del Ecuador*. Guayaquil, Ecuador. 70:82
- Boyd, E. C. y C. S. Tucker. 1992. Water quality and pond soil analysis for aquaculture. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama. 183pp.
- Boyd, C.E., y C.S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwer Academic Publishers, Boston, EE.UU.
- Boyd, C.E., y L. Massaut. 1997. Perspectives for Sustainable Aquaculture through Better Environmental Management. Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Auburn University, Alabama 36849 USA.
- Boyd, C.E., E.E. Phather, y R.W. Parks. 1975. Sudden mortality of a massive phytoplankton bloom. *Weed Science* 23:61-67
- Brock, J.A., y K.L. Main. 1995. A guide to the common problems and diseases of cultured *Penaeus vannamei*. The Oceanic Institute, Hawaii, EE.UU.
- Brown, S., C. Boyd. 1982. Off-flavor in Channel Catfish from Comercial Ponds. *Transactions of the American Fisheries Society*. 111:379-383.
- Cajas de, L., D. Coello, y O. Moya. 1998. Comunidades del fitoplancton en los ríos Daule y Guayas. Páginas 163-179 En Instituto Nacional de Pesca (editor), Comportamiento Temporal y Especial de las Características Físicas, Químicas y Biológicas del Golfo de Guayaquil y sus Afluentes Daule y Babahoyo Entre 1994-1996, Guayaquil, Ecuador.

- Cajas de, L., M. Prado, D. Coello, y J. Cajas. 2000. Fitoplancton y mesozooplancton en piscinas camaroneras en la costa ecuatoriana durante el evento del síndrome de la mancha blanca. Páginas 61-85 en Clifford F.I. Ormaza (editor), Boletín Especial, Situación de la Problemática por la Presencia del Virus "Mancha Blanca (WSSV)" en el Cultivo del Camarón en el Litoral Ecuatoriano Durante 1999, Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador.
- Cámara Nacional de Acuicultura (CNA). 1994. El problema camaronero y recomendaciones del sector. Comité Técnico de la Cámara Nacional de Acuicultura (CNA). 1-10
- Carr, N.G., y B.A. Whitton. 1982. The biology of cyanobacteria. *Botanical Monographs*, 19:515-542.
- Chen, J.-C., y S.-C. Lei. 1990. Toxicity of ammonia and nitrite to *Penaeus monodon* juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society* 21(4):300-306.
- Chen, J.-C., y C.-H. Lin. 2001. Toxicity of copper sulfate for survival, growth, molting and feeding of juveniles of the tiger shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 192:55-65.
- Chorus, I., y J. Bartram. 1999. Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management. World Health Organization, [http://www.who.int/docstore/water\\_sanitation\\_health/toxiccyanobact/begin](http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/toxiccyanobact/begin).

- Chou, H.S., C.Y. Huang, Wang, C.H., H.C. Chiang y Lo, C.F. 1995. Pathogenicity of a baculovirus infection causing white spot syndrome in cultured penaeid shrimp in Taiwan. *Dis. Aquat. Org.* 23, 165-173.
- Clifford, H. C. 1992. Marine shrimp pond management. En: *Proceeding of the Special Session on Shrimp Farming*. Wyban, J. (ed.). World Aquaculture Society, Baton Rouge, 110-137.
- Cocke, E. C. 1967. *The Mixophyceae of North Carolina*. Edwards Brothers Inc. North Carolina, Michigan, EE.UU.
- Coello, D., y O. Moya. 1999. Fitoplancton y tintínidos en aguas costeras ecuatorianas durante Junio de 1999. *Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca, Ecuador* 17(13):25-35.
- Cooperative Extension Service. 1995. *Management plan for Blue-green Off-flavors in Mississippi Pond-raised Catfish*. Mississippi State University.
- Cordova, J. L. y A. de Wind, 2000. Evolución de la situación del virus de la Mancha Blanca en Ecuador. *Acuicultura del Ecuador. Revista de la Cámara Nacional de Acuicultura*, 36, 3-17.
- Darryl, E. J. 2001. *Manejo integral del alimento de camarón, de estanques de producción camaroneros, y principios de bioseguridad. Curso lance en acuicultura*. Monterrey Nuevo León, México.
- Daniels, H., y C.E. Boyd. 1993. Nitrogen, phosphorus and silica fertilization of brackish water ponds. *Journal of Aquaculture in the Tropics* 8:103-110.
- De la Cuadra, T., P. Macías, D. Coello, M. Luzuriaga, J. Lindao, y W. Pesantes. 1998. Condiciones físicas, químicas y biológicas asociadas con el

- evento Enos durante Febrero de 1998. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca, Ecuador 16(2):1-30.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2002. The State of World Fisheries and Aquaculture 2002. FAO, Roma, Italia.
- Funge-Smith, S.J., y M.R.P. Briggs. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implications for sustainability. *Aquaculture* 164:117-133.
- Fuschs, J., J.-L. Martín, y N.T. An. 1999. Impact of tropical shrimp aquaculture on the environment in Asia and the Pacific. *Bulletin de l'IFREMER* 122(4):9-13.
- Gautier, D., C.E. Boyd y R.T. Lovell. 2002. Sampling channel catfish ponds for pre-harvest off-flavor detection. *Aquacultural Engineering* 26:205-213.
- Gerber, N. N. 1979. Volatile substances from actinomycetes: Their role in the odor pollution of water. *Critical Reviews in Microbiology* 7:191-194.
- Gustavson, K., y S.A. Wängberg. 1995. Tolerance induction and succession in microalgae communities exposed to copper and atrazine. *Aquatic Toxicology* 32:283-302.
- Guzman, R. 1993. Catálogo de organismos fitoplanctónicos identificados en el Río Guayas. Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca, Ecuador 12(4):1-100.
- Han F.X., J.A. Hargreaves, W.L. Kingery, D.B. Huggett, y D.K. Schlenk. 2001. Accumulation, distribution, and toxicity of copper in sediments of catfish ponds receiving periodic copper sulfate applications. *Journal of Environmental Quality* 30(3):912-919.

- Hargreaves, J.A. 2003. Ecophysiology of cyanobacteria: implications for off-flavor management in pond aquaculture. Páginas 107-132 en A.M. Rimando y K.K. Schrader, editores. Off-flavors in Aquaculture. ACS Symposium Series 848, American Chemical Society, Washington, EE.UU.
- Haws, M.C., C.E. Boyd y Green, B.W. 2001. Buenas prácticas de manejo en el cultivo de camarón en Honduras. Coastal Resources Center. University of Rhode Island. 50-54 pp
- Hirono, Y. 1983. Preliminary report on shrimp culture activities in Ecuador. J. Maricul. Soc., 14: 451-457.
- Hirono, Y. y M. Leslie, 1992. Shrimp culture industry in Ecuador. En: Fast, A. W. & Lester, L. J. (eds.). Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 23: 783-815.
- Hoson, T. 1992. Growth characteristics of the musty odor producing alga, *Oscillatoria tenius*. Water Science and Technology 25(2):177-184.
- Howgate, P. 2003. Tainting of farmed fish by Geosmin and 2-Methyl-isoborneol: a review of sensory aspects and of uptake/depuration. Aquaculture (in press):1-27.
- Instituto Nacional de Pesca (INP). 2004. Control zosanitario del cultivo de camarón en el litoral ecuatoriano: Informe I Semestre. Guayaquil, Ecuador. 7-9 pp.

- Izaguirre, G. y J. Devall, 1995. Resource control for management of taste-and-odor problems. En, Advances in taste-and-odor treatment and control AWWA Research Foundation Lyonnaise des Eaux. 23-74pp
- Jiménez, R., y F. Pesantes. 1978. Fitoplancton, producción primaria y pigmentos en aguas costeras ecuatorianas. INOCAR. Departamento de Ciencias del Mar, División de Biología Marina, Guayaquil, Ecuador. 2(1)
- Jiménez, R., y D. Bonilla. 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el frente ecuatorial. INOCAR. Departamento de Ciencias del Mar, División de Biología Marina, Guayaquil, Ecuador. 1(1):19-64
- Jiménez, R. 1983. Consideraciones sobre el olor y sabor a moho de ciertos camarones que provienen de piscinas. Acuicultura del Ecuador, Instituto Nacional de Pesca Guayaquil, Ecuador. 50-51p
- Jiménez, R. 1992. Síndrome de Taura (Resumen). Acuicultura del Ecuador. Revista de la Cámara de Productores de camarón, 59p.
- Jiménez, R. 1997. Enfermedades registradas en cultivos de camarón *Penaeus vannamei* en el Ecuador. Acuicultura del Ecuador, Cámara Nacional de Acuicultura. 20:51-53.
- Johnsen, P.B., S.W. Lloyd, Vinyard, B.T. y Dionigi, C.P. 1996. Effects of temperature on the Uptake and Depuration of 2- Methylisoborneol (MIB) in Channel Catfish *Ictalurus punctatus*. Journal of the World Aquaculture Society. 27(1): 15-20
- Fitoplancton, y Dinofyta registrados en la Argentina. En Fitoplancton Continental. Biología de Argentina. 2: 179-180

- Juttner, F. 1983. Volatile odorous excretion products of algae and their occurrence in the natural aquatic environment. *Water Science and Technology*. 15:247-257.
- Leung, P., L. Tran, y A. Fast. 2000. A logistic regression of risk factors for disease occurrence on Asian shrimp farms. *Diseases of Aquatic Organisms* 41:65-76.
- Lightner, D.V. 1978. Possible toxic effects of the marine blue-green alga, *Spirulina subsalsa*, on the blue shrimp, *Penaeus stylirostris*. *Journal of Invertebrate Pathology* 32:139-150.
- Lightner, D. V., T. A. Bell, R. M. Redman, L. L. Mohney, J. M. Natividad, A. Rukyani, y A. Poernomo, 1992. A review of some major diseases of economic significance in penaeid prawns/shrimps of the Americas and Indopacific. En: *Diseases in Asia Aquaculture*. Shariff, I. M., Subasinghe, R. P. & Arthur, J. R. (eds.). Fish Health Section, Asian Fisheries Society, Manila , Philippines, 57-80.
- López, E. 2004. Relación entre el fitoplancton y el bacterioplancton bajo dos regímenes de fertilización en mesocosmos con presencia de sedimentos. Tesis de Magíster en Ciencias. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESPOL. Guayaquil – Ecuador.
- Lopretto, E.C., G. Tell. 1995. Claves para determinar géneros de Cyanobacteria, Chlorophyta, Chromophyta, (excepto Bacillariophyta), Rodhophyta, Euglenophyta, y Dinophyta registrados en la Argentina. En *Ecosistemas Continentales*. Ediciones Sur. Argentina. 2: 379-440

- Lovell, R.T., y D. Brooce. 1985. Cause of musty flavor in pond-cultured penaeid shrimp. *Aquaculture* 50:169-174.
- Martin, J.F., C.P. McCoy, C.S. Tucker, y L.W. Bennett. 1988. 2-methylisoborneol implicated as a cause of off-flavour in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), from commercial culture ponds in Mississippi. *Aquaculture and Fisheries Management* 19:151-157.
- Martin, J.F., G. Izaguirre, y P. Waterstrat. 1991. A planktonic *Oscillatoria* species from Mississippi catfish ponds that produces the off-flavor compound 2-methylisoborneol. *Water Research* 25(12):1447-1451.
- Marriott-García, F. 2003. Análisis del Sector Camaronero. Apuntes de Economía No. 29, Dirección de Investigaciones Económicas del Banco Central del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.
- Massaut, L. 1999. Manejo de sabores/olores no deseados (*off-flavor*) en cultivos de camarón en Ecuador. *El Mundo Acuícola* 5(2):21-26.
- Massaut, L., S. Sonnenholzner, Calderón J., y C.E. Boyd. 2001. Case Studies of Ecuadorian Shrimp Farming V: Status of Mangrove Forests. Network of Aquaculture Centers in Asia-Pacific/World Bank, Bangkok, Tailandia.
- Mc Padden, C. A. 1985. A brief review of the Ecuadorian shrimp industry. Typewritten report. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil, Ecuador, 42-66.
- Moore, G.T. y K.F. Kellerman. 1905. Copper as an alguicide and disinfectant in Water Supplies.

- Ortiz, J. 2003. Aislamiento, Identificación y Cultivo de cianobacterias con potencial toxicidad sobre postlarvas de *Litopenaeus vannamei*. Tesis para optar al título de Bióloga, Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Paerl, H.W. 2000. Marine plankton. The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda. En B.A. Whitton y M. Potts, editores. pp 121-148
- Paerl, H.W., y C.S. Tucker. 1995. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 26(2): 109-131.
- Persson, P.-E. 1979. Notes on muddy flavor. IV. Variability of sensory response to 2-Methylisoborneol. *Aqua Fennica* 9:48-52.
- Persson, P.-E. 1980. Sensory properties and analysis of two muddy odour compounds, Geosmin and 2- Methylisoborneol, in water and fish. *Water Research* 14:1113-1118.
- Persson, P.-E. 1982. Muddy odour: a problem associated with extreme eutrophication. *Hydrobiologia* 86:161-164.
- Persson, P.-E. 1984. Uptake and release of environmentally occurring odorous compounds by fish. *Water Research* 18(10):1263-1271.
- Peterson, H.G., S.E. Hrudey, I.A. Cantin, T.R. Perley, y S.L. Kenefick. 1995. Physiological toxicity, cell membrane damage and the release of dissolved organic carbon and Geosmin by *Aphanizomenon flos-aquae* after exposure to water treatment chemicals. *Water Research* 29(6):1515-1523.

- Pla, L. 1986. Análisis Multivariado: Métodos de Componentes Principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, D.C., EE.UU.
- Regueira, E. 2001. Patrones espaciales y temporales de la producción camaronera en el Golfo de Guayaquil. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Roa S. E. 1998. Técnicas y tipos de acciones emprendidas para controlar el sabor a choclo en piscinas camaroneras del Ecuador. Seminario sobre el problema del mal sabor y su potencial control, Marzo de 1998, Fundación CENAIM-ESPOL, Guayaquil, Ecuador.
- Robarts, R. D., T. Zahorí, N.Z.:J. 1987. Mar Freswat. Res. 21:390-397.
- Rodríguez, R. 2003. La tilapia y su efecto en la prevalencia del virus de la mancha blanca (WSSV) en poblaciones de camarón. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Rosen, B.H., B.W. MacLeod, y M.R. Simpson. 1992. Accumulation and release of Geosmin during the growth phases of *Anabaena circinalis* (Kutz.) Rabenhorst. Water Science and Technology 25(2):185-190.
- Rosenberry, B. 1995. World Shrimp Farm. Annual Report. Published by Shrimp News International. San Diego, California, 31-44.
- York, EE.UU.

- Roset, J., S. Aguayo, Muñoz, M. 2001. Detección de cianobacterias y sus toxinas. Una revisión. *Revista de Toxicología*. 18: 65-71
- Schrader, K.K., M.Q. de Regt, P.D. Tidwell, C.S. Tucker, y S.O. Duke. 1998. Compounds with selective toxicity towards the *off-flavor* metabolite-producing cyanobacterium *Oscillatoria cf. chalybea*. *Aquaculture* 163:85-99.
- Scott, J.H., D.R. Bayne, y C.E. Boyd. 1989. Effects of potassium ricinoleate on water quality, phytoplankton, and *off-flavor* in channel catfish ponds. *Journal of Aquatic Plant Management* 27:26-31.
- Smith, P.T. 1996. Toxic effects of blooms of marine species of Oscillatoriales on farmed prawns (*Penaeus monodon*, *Penaeus japonicus*) and brine shrimp (*Artemia salina*). *Toxicon* 24(4): 857-869.
- Smith, V.H. 1983. Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science* 221:669-671.
- Sonnenholzner S, L. Massaut, C. Saldias, J. Calderón and C. Boyd. 2002. Case Studies of Ecuadorian Shrimp Farming. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium. 55 pages.
- Sonnenholzner, S. 2002. Tolerancia de temperatura. CENAIM INFORMA, Boletín 64.
- Subas, S. 1994. Applied Multivariate Techniques. Johniley and Sons Inc., New York, EE.UU.

- Suéscom R. de., D. Moncayo, A. Maridueña, T. Estrella. 2000. Control de las condiciones físicas y químicas de las aguas de piscinas camaroneras localizadas en el Ecuador, asociadas con el virus de la "Mancha Blanca". Instituto Nacional de Pesca. Boletín especial. Ecuador. 86-134.
- Superintendencia de Bancos. 2002. Visión Macroeconómica del camarón. [http://www.superban.gov.ec/downloads/articulos\\_financieros/Estudio%20sector%20camar%F3n.pdf](http://www.superban.gov.ec/downloads/articulos_financieros/Estudio%20sector%20camar%F3n.pdf)
- Tsai, C K. 1990. Water quality management. Proceedings southeast Asia shrimp farm management workshop, Akiyama, D. M. ed. St. Louis, MO: American Soybean Association. Singapore Office.
- Tobey, J., J. Clay, y P. Vergne. 1998. Impactos económicos, ambientales y sociales del cultivo del camarón en Latinoamérica. Centro de Recursos Costeros, Universidad de Rhode Island, EE.UU.
- Tomas, C.R. 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, California, EE.UU.
- Tucker, C.S. 1996. The Ecology of Channel Catfish culture ponds in Northwest Mississippi. Reviews in Fisheries Science, 4(1): 1-55
- Tucker, C.S., y C.E Boyd. 1978. Consequences of Periodic applications of copper sulfate and simazine for phytoplankton control in catfish ponds. Trans. Am. Fish. Society. 170(2) 316-320.
- Tucker, C.S., y J.A. Hargreaves. 2003. Copper sulfate to manage cyanobacterial off-flavors in pond-raised channel catfish. Páginas 133-145 En A.M. Rimando y K.K. Schrader, editores. Off-flavors in Aquaculture. ACS

- Whitton Symposium Series 848, American Chemical Society, Washington, EE.UU. Whitton y M. Poos, editores. *The Ecology of Cyanobacteria*
- Tucker, C.S., y J.A. Steeby. 1995. Daytime mechanical water circulation of channel catfish ponds. *Aquacultural Engineering* 14:15-27.
- Tucker, C.S., y M. van der Ploeg. 1999. Managing *Off-flavor* problems in ponds-raised catfish. Southern Regional Aquaculture Center. Publication N°. 192:1-8.
- Tutivén, I. 1999. Variaciones morfológicas y batimétricas de la línea de costa en el estuario del Río Chone, producidas por los eventos Enos. Instituto Oceanográfico de la Armada. Guayaquil - Ecuador.  
<http://www.unesco.org/uy/phi/libros/enso/tutiven.pdf>
- van der Ploeg, M. 1992. Testing flavor quality of preharvest channel catfish. Southern Regional Aquaculture Center. Publication N°. 431:1-8
- van der Ploeg, M., C.S. Tucker, y C.E. Boyd. 1992. Geosmin and 2-methylisoborneol production by cyanobacteria in fish ponds in the Southeastern United States. *Water Science and Technology* 25(2):283-290.
- Vissers, I., y C. Saldías. 2000. Manual básico sobre el cultivo extensivo y semi-intensivo del camarón, Fundación CENAIM-ESPOL, Guayaquil, Ecuador: 9
- Vissers, P.M., L. Massaut, J. Huisman, y L.R. Mur. 1996. Sedimentation losses of *Scenedesmus* in relation to mixing depth. *Archiv für Hydrobiologie*, 136:289-308.

Whitton, B.A., y M. Potts. 2000. Introduction to the cyanobacteria. Páginas 1-11

En B.A. Whitton y M. Potts, editores. *The Ecology of Cyanobacteria: Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Países Bajos.

Yurkowski, M. y J. L. Tabacheck. 1974. Identification, analysis and removal of geosmin from muddy-flavored trout. *Journal of the Fisheries Research Board Canada* 31:1851-1858.