

03065



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
UNIDAD ACADÉMICA DE LOS CICLOS PROFESIONAL
Y DE POSGRADO

CALIDAD DE AGUA EN CUATRO GRANJAS
CAMARONICOLAS EN EL NOROESTE DE MEXICO:
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS
FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE CONTRIBUCIÓN
ORGÁNICA EN AGUAS DE INGRESO
Y EGRESO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE ;
MAESTRA EN CIENCIAS DEL MAR

P R E S E N T A :

Q.F.B. ANA CAROLINA RUIZ FERNANDEZ

(Ocean.
Química)

Asesor : Dr. Federico Páez Osuna

MAZATLAN, SIN.

1995

FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Este trabajo se realizó bajo la dirección del Dr. Federico Páez Osuna, en el Laboratorio de Química Marina de la Estación Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México; con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), a través del Proyecto 0625-N9110, denominado "Efecto de la calidad del agua y composición biológica sobre la producción en granjas camaronícolas".

**A la memoria de Benazir,
en cuyo recuerdo busco la
enseñanza que aunque sé
que existe, aún no he podido
encontrar.**

**A mi compañero y mi
amigo, mi esposo Saúl,
porque con su alegría y
especial manera de enfrentar
la vida, sigue llenando mi
existencia de motivos para
sonreír**

*Si el mar se convirtiese en tinta
para describir las palabras de Dios, el mar se
agotaría antes que las palabras de Dios, aún
cuando empleásemos otro mar semejante*

El Cordón

Agradecimientos

Al Dr. Federico Páez, por su asesoría y orientación a lo largo de mis estudios de Maestría en Ciencias del Mar; por la conducción de este trabajo de tesis; por sus comentarios y críticas al texto original; pero por encima de todos estas contribuciones de índole académica que han guiado mi formación profesional, quiero agradecerle profundamente todo el apoyo, la paciencia y disposición con los cuales ha barnizado la cotidianidad de aquellos que le admiramos y, basados en su ejemplo, continuamos en la lucha por un mejor mañana.

A los dres. Alberto Abreu y Adolfo Gracia, así como a los M. en C. Roberto Cortés e Isidro Osuna, integrantes del jurado de tesis, por la cuidadosa revisión del trabajo y sus acertadas observaciones al texto original.

Al Q. Humberto Bojórquez por su apoyo en la realización de análisis químicos y al Biól. Héctor Zazueta, por su valiosa ayuda en el campo y el laboratorio, sin cuya acuciosa colaboración, el desarrollo de este trabajo de investigación habría sido más dificultoso.

A los propietarios, biólogos, encargados y personal de apoyo de las granjas Sistemas Acuáticos Controlados, Acuacultores del Siete Arriba, Acuacultores de Dimas y Clementina; en especial a Ramón Espinosa, quien siempre nos ha ayudado con excepcional disposición en la realización de estudios en las instalaciones de la granja Clementina.

Al dr. Alfonso Rojas y a Aurelio Olivas, porque en sus manos depositamos nuestra seguridad en las carreteras y brechas, y nunca nos defraudaron.

A los B.P. Manuel Audeo y Benito Mejía, M. en C. Martha Harfush, Ing. Libia Mascibe Pérez y a los integrantes del equipo de muestreo del laboratorio de Plancton, en especial a su factótum, M. en C. Arturo Núñez, por el apoyo brindado

en los muestreos, pero sobre todo por los agradables momentos que me permitieron compartir en cada salida.

A mis compañeros de laboratorio y el personal de la Estación Mazatlán del ICML, por su amable compañía y amistad.

A Ma. Clara Ramírez, por su valiosa ayuda y cooperación en el acopio de información bibliográfica.

Al M. en C. Saúl Rogelio Guerrero, por su infatigable apoyo en la realización de análisis de laboratorio y la edición de este trabajo de tesis.

A mi madre y mis hermanos, por su cariño y comprensión de siempre.

Índice

	Página
1. Introducción	1
2. Generalidades	3
3. Objetivos	9
4. Hipótesis	9
5. Área de estudio	11
6. Metodología	12
Estrategia de trabajo	12
Métodos	14
7. Resultados y discusión	15
7.1. Cambios en la calidad del agua en función del ciclo de cultivo	16
•Parámetros fisicoquímicos	16
7.1.1. Temperatura	16
7.1.2. pH	18
7.1.3. Oxígeno disuelto	21
7.1.4. Salinidad	26
•Nutrientes	28
Nitrógeno	29
7.1.5. Amonio	30
7.1.6. Nitritos	32
7.1.7. Nitratos	33
7.1.8. Nitrógeno total	35
Fósforo	36
7.1.9. Fósforo disuelto	37
7.1.10. Fósforo total	37
7.1.11. Fósforo particulado	39
•Parámetros de contribución orgánica	40
7.1.12. Clorofilas	40
7.1.13. Sólidos suspendidos totales	42
7.1.14. Demanda bioquímica de oxígeno	44
7.2. Relación entre los parámetros de calidad de agua	46
Temperatura	46
pH	48
Oxígeno disuelto	50
Salinidad	53
Nutrientes	54
DBO, SST y PPI	56
7.3. Calidad de los efluentes de las granjas camaronícolas	56
DBO, SST y PPI	57
Fósforo total y disuelto	58
Clorofilas	58
Nitrógeno	59
8. Conclusiones	64
9. Literatura citada	67
10. Anexos.(tablas y figuras)	71

1. Introducción

La exploración de las variables que regulan el éxito de las operaciones del maricultivo en la región costera de Sinaloa, brindan la perspectiva de acceder, simultáneamente, en el ámbito de estudios de impacto ambiental y en el seguimiento de las determinantes vinculadas tanto con el aseguramiento de una producción redituable, como con la conservación de los recursos que la sostiene. El conjunto de estas variables que regulan el éxito de la operación de las granjas de cultivo y que paradójicamente pueden ser el detonador de desastres ambientales inesperados, puede ser englobado con un solo término: calidad del agua.

El por qué de la importancia de la calidad del agua en el maricultivo se percibe en las aseveraciones de Moore (1986), que establecen que la calidad y cantidad de los materiales suministrados al sistema de cultivo definen sus límites de producción en las estanqueras y el grado de estabilidad química y biológica en su interior. Dicho de una manera más definitiva, la calidad del agua es un factor singular y, por mucho, la determinante más crítica en el crecimiento óptimo y sobrevivencia de los camarones en cultivo -todas las actividades de estos organismos son afectadas por las condiciones físicas del estanque y su producción óptima está directamente correlacionada con el manejo de los parámetros hidrológicos más que con cualquier otro factor- (Villalón, 1991).

El agua de mar es un medio complejo, compuesto por una mezcla de fases (sólida, gaseosa y coloidal) y una solución multielemental, que comprende solutos orgánicos e inorgánicos, clasificados en mayoritarios (con niveles de concentración mayores a 1 ppm) y minoritarios (con niveles de concentración menores a 1 ppm). Los componentes mayoritarios incluyen elementos como el O, H, Cl, Na, Mg, S, Ca, K, Br, C, Sr, B, Si y F que, en su mayoría y con excepción del silicio, son generalmente elementos no reactivos química y biológicamente -a diferencia de los elementos minoritarios, como N, P, Fe, Mn o Ni, que están involucrados en reacciones inorgánicas y biológicas en el ambiente marino-. Aunque los componentes mayoritarios son relativamente constantes, existen factores que pueden propiciar que estos componentes se vuelvan no conservativos. Así, procesos como la precipitación, disolución, evaporación, congelación u oxidación, pueden cambiar la composición de algunos de los componentes básicos del agua de mar (Millero y Sohn, 1992).

Cuando se toma agua del océano y se encierra en un estanque, procesos como la evaporación o la oxidación inician los cambios en su composición. Adicionalmente, por medio de las actividades de los heterótrofos en el sistema, se da inicio a una serie de alteraciones que incluyen el incremento en amonio, compuestos orgánicos y dióxido de carbono, así como el agotamiento de oxígeno disuelto y reducción en los niveles de pH, es decir, se reduce la capacidad del sistema para dar soporte a la vida en el medio (Kinne, 1976). El fitoplancton marino requiere de elementos traza para crecer y, normalmente, las cantidades biodisponibles de estos nutrientes son usados hasta que se vuelven limitantes y se inhibe el crecimiento (Millero y Sohn, 1992). De aquí que el objetivo del manejo de la calidad del agua sea regular el ambiente químico, físico y biológico del sistema de cultivo, de modo que

1. Introducción

estas condiciones favorezcan el crecimiento óptimo de la cosecha; es decir, maximizar la eficiencia del flujo de energía y nutrientes hacia la producción animal (Tucker *et al*, 1985).

En términos generales, la calidad de agua se refiere a la suma de sus características químicas y físicas, incluyendo los gases y minerales disueltos, así como la materia orgánica particulada suspendida (Meade, 1989). Entre tales características se incluyen: pH, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amonio, nitrito, concentración de nutrientes y de materia orgánica, abundancia planctónica y material sedimentable. Varios de estos factores, incluyendo pH, temperatura y salinidad, están relacionados principalmente con el sitio en que se encuentre ubicado el sistema de cultivo. Los otros están determinados principalmente por el tipo del sistema de cultivo de camarón, la fertilización o la tasa de alimentación empleada (Boyd y Fast, 1992).

Cuando se hace referencia a que todos estos constituyentes varían con cada sitio en particular, primeramente debe pensarse en las características geológicas del sistema y, después, en factores como la lluvia que, por acarreo superficial o por percolación subterránea, puede incrementar el contenido de metales o minerales del agua del sistema o añadir material disuelto y particulado procedente de la vegetación y del suelo (Meade, 1989). Por esta razón es importante la buena selección del sitio para establecer una empresa acuicola, que cuente con una fuente de agua con suficiente volumen disponible y con la adecuada proporción de los constituyentes necesarios (Boyd y Fast, 1992).

Los estanques de producción de camarón generalmente reciben grandes cantidades de alimento; una porción de los constituyentes químicos del alimento es asimilado como biomasa del camarón, pero una gran cantidad de estas sustancias alcanza el agua en forma de desperdicios metabólicos que enriquecen el agua del estanque, fomentan el crecimiento de las poblaciones de algas e incrementan la densidad de detritus orgánico suspendido en la columna de agua (Boyd, 1978). Esto es, en adición a las características iniciales de la fuente de abastecimiento en la granja, en los estanques camaronicolas, la calidad del agua va a estar afectada por el exceso de alimento y la pronunciada sedimentación de sólidos suspendidos en el fondo (Wang, 1990). Por lo anterior, los cambios en la calidad del agua que ocurren durante el cultivo son directa o indirectamente el resultado del alimento añadido al estanque para incrementar el crecimiento de los organismos (Tucker, 1985). De hecho, en las granjas acuicolas es necesario que las tasas de recambio se ajusten diariamente para controlar el crecimiento de algas y por ende, preservar la calidad del agua de cultivo (Ziemman, *et al*, 1992). Si la calidad del suelo y agua no se mantienen, el camarón no se alimentará bien o no asimilará el alimento eficientemente, será más susceptible a las enfermedades y la sobrevivencia puede ser pobre (Boyd y Fast, 1992).

Del párrafo anterior, emanan un par de términos de importancia para el tratamiento del tema de calidad del agua en acuicultura que, asimismo, son la base que marca la diferencia entre los distintos sistemas de cultivo: alimentación y recambio de agua. Es a partir de este momento en que parece oportuno presentar una serie de conceptos generales que ayudarán a introducirse con mayor facilidad en el tema que da origen a este trabajo.

2. Generalidades

La definición de **acuicultura**, de acuerdo a las propuestas de Meade (1989) y de Hempel (1993), describe a esta actividad como la práctica de crianza, cultivo o producción de organismos (peces, moluscos, crustáceos y plantas) en sistemas acuáticos manejados. Según Meade, la acuicultura en ambiente marino o de agua salina, e incluso hipersalina, se llama *maricultura*. Conforme a Iversen (1976), la **maricultura** promueve o mejora el crecimiento de animales marinos o satómbres para uso comercial; y este proceso implica el suministro y alimentación regular, así como la protección contra los depredadores (Hempel, 1993).

Los camarones pueden ser criados desde huevecillos producidos por reproductores mantenidos en la misma granja, hasta tallas comerciales (cultivos de ciclo cerrado), o colectados como nauplios o juveniles y cultivados hasta un peso redituable (cultivo de ciclo incompleto). En ambos casos, la población es protegida tanto como sea posible de los depredadores, de las enfermedades y de otras especies que compiten por alimento o espacio. Usualmente se alimentan por lo menos durante alguna parte de su periodo de encierro, o son colocados en un sitio donde recibirán suficiente alimento natural (Iversen, 1976).

Hay dos categorías básicas de sistemas de cultivo acuáticos: sistemas de agua estática y sistemas de flujo continuo. Entre los sistemas de flujo continuo pueden distinguirse tres tipos: abiertos, semi-abiertos y cerrados. Por supuesto, los sistemas de cultivo, a no ser de tipo experimental, no están completamente abiertos; ni tampoco pueden estar completamente cerrados sobre periodos prolongados; algún remplazo del agua de cultivo es ineludible. Los niveles apropiados de las condiciones de soporte de la vida pueden ser únicamente mantenidos por manejo continuo de la calidad de agua, es decir, el acuicultor debe reducir la velocidad de degradación del agua e introducir medios para su regeneración; o bien, reemplazar regularmente el agua de cultivo (Kinne, 1976).

En los sistemas de flujo abiertos con agua de mar, el medio de cultivo es usado sólo una vez y no se recicla. Un flujo continuo de agua de mar a partir de la fuente natural ingresa al contenedor del cultivo y es descargado subsecuentemente. Por tal razón, estos sistemas requieren un suministro permanente de agua de mar natural y por tanto, conviene una localización cercana a una fuente no contaminada (Kinne, 1976).

En los sistemas semi-abiertos, cuando la calidad del agua cae por debajo de los requerimientos mínimos, parte del agua reciclada es descargada y remplazada por agua "nueva" bombeada desde la fuente (Kinne, 1976).

En los sistemas cerrados, el agua de cultivo es reciclada continuamente. Son sistemas más independientes de las variaciones fisicoquímicas y biológicas características de las aguas de mar naturales (temperatura, salinidad, turbidez, sustancias orgánicas, componentes planctónicos y contaminación), especialmente en las aguas costeras (Kinne, 1976).

2. Generalidades

El cultivo de camarón puede ser dividido en tres amplias categorías que están basadas en la intensidad de manejo: extensivo, semi-intensivo e intensivo. **Intensificación** es el proceso de incrementar la carga metabólica o la biomasa por unidad área de cultivo o de masa de agua y usualmente involucra incrementos en flujo de agua y suministro de oxígeno (Meade, 1989). Ya que el objetivo es mejorar al máximo la eficiencia del flujo de energía en relación con el rendimiento animal, la intensidad del sistema está relacionada con su fuente primaria de ingreso inicial de nutrientes (Moore, 1986). En la tabla 1 se presenta un resumen comparativo entre las características operacionales de los estanques en los diferentes tipos de cultivo de acuerdo a su grado de intensificación.

En los **sistemas extensivos**, las especies cultivadas subsisten en base a los nutrientes que se presentan naturalmente. Estos **nutrientes** son los elementos esenciales para el metabolismo de los organismos acuáticos, de los cuales depende su composición, crecimiento y biomasa (Ver tabla 2) (Connell y Hawker, 1992). Entre ellos, los suministros constitutivos principales en los estanques incluyen el carbono, en la forma de dióxido de carbono, procedente de la interfase aire-agua y generado por la respiración heterotrófica, así como materiales orgánicos (*i.e.* urea, aminoácidos, carbohidratos) e inorgánicos (*i.e.* HCO_3^- , CaCO_3), presentes en la interfase agua-sedimento (Moore, 1986).

En estos sistemas, los nutrientes se reciclan entre los productores y consumidores a varios niveles dentro de la cadena trófica hasta que alcanzan las especies objeto del cultivo; este proceso tiene un límite biológico en la velocidad de reproducción de los participantes de la trama alimenticia y de la tasa de incorporación de los nutrientes disponibles. Esto, por supuesto, es el factor que restringe la biomasa de organismos cultivados por unidad de área que puede ser soportada por esta productividad natural; este límite varía con la especie, sus hábitos y su velocidad de pastoreo (Moore, 1986).

El objetivo del manejo de los sistemas extensivos es permitir un balance natural que se establezca por sí mismo; la condición principal es asegurar que los requerimientos energéticos y nutricionales de las especies cultivadas puede ser soportado por los suministros naturales (Fast y Lester, 1982). Estos requerimientos son dependientes inicialmente de la luz y el dióxido de carbono para el crecimiento autotrófico y el balance subsecuente en el sistema será provisto por el reciclaje y abundancia de nutrientes, la tasa de proliferación y decaimiento en las poblaciones biológicas y el impacto del pastoreo por las especies cultivadas (Moore, 1986). Para asegurar este balance, usualmente los sistemas son estimulados por fertilizantes inorgánicos que activan el crecimiento fitoplanctónico y de otros autótrofos, así como con abonos que contienen desechos orgánicos de alimentos no digeridos, desechos nitrogenados líquidos y secreciones endógenas animales y un gran porcentaje de células microbianas que, a través de la colonización microbiana de la materia orgánica, formarán una partícula detritica de materiales alimenticios de mayor calidad que su material original (Schroeder, 1978).

Los **sistemas intensivos** tienen el objetivo de maximizar la cosecha por área de cultivo. En ellos se promueve una actividad metabólica colectiva tan importante que los desperdicios se producen en grandes concentraciones. Generalmente en estos cultivos hay pocos heterótrofos y se cuenta con pocos

autótrofos que utilicen los desperdicios lo suficientemente rápido por lo que deben retirarse para evitar que se generen condiciones tóxicas en el sistema. Por esta razón se requieren elevadas tasas de recambio de agua. En tales condiciones, el desarrollo de tramas alimenticias es poco factible y, consecuentemente, no se pueden satisfacer de manera natural las necesidades de nutrientes de una gran cosecha. Así, los requerimientos completos de nutrientes de las especies cultivadas deben ser satisfechas exógenamente, aplicando alimento de alta calidad, tal como en una cadena alimenticia típica de ganado de corral (Moore, 1986).

Los sistemas intensivos requieren un alto grado de manejo de desechos y tecnología de reparto de nutrientes que permitan minimizar el desperdicio de alimentos. Esto es crítico, dado que no solamente es caro el alimento de alta calidad, sino la descomposición de alimento contribuye a la demanda de oxígeno y al crecimiento microbiano, así como la acumulación de productos nitrogenados potencialmente peligrosos (Moore, 1986).

Los sistemas que caen entre estos dos extremos son los más complejos, es decir, los **semi-intensivos o semi-extensivos**, debido a que tienen ambas formas de alimentación: consumo del suministro artificial y vía la trama alimenticia natural. El grado en que cada ruta es operativa en un sistema depende de la productividad natural del estanque, de las alternativas alimenticias y la habilidad fisiológica de pastoreo de las especies cultivadas y del tamaño de la cosecha, y por tanto, de la presión de pastoreo impuesta en el sistema por las especies. Estos factores determinan cómo varían la disponibilidad y suficiencia de alimentos naturales conforme varían el tamaño de la cosecha animal. Esto es, en un sistema de mucha producción, cuando la población en cultivo crece al tamaño cosechable dentro de un estanque único, la presión de pastoreo sobre alimentos naturales se acentúa conforme la biomasa se incrementa. Como resultado, debe suministrarse alimento al sistema para complementar la provisión natural (Moore, 1986).

El manejo eficiente de tales sistemas incluye estrategias tales como: 1) maximizar la utilización de la productividad natural tanto como sea necesario para enfrentar los requerimientos de nutrientes de la cosecha; 2) suministrar fertilizantes para estimular el sistema del estanque; 3) añadir otras especies que son no competitivas con las especies primarias, pero que pueden ser una fuente más accesible de nutrientes para los estanques, y 4) utilizar alimentos procesados preparados específicamente para proveer lo que el sistema natural no posee (Moore, 1986). El método de cultivo semi-intensivo utiliza aireación para incrementar los niveles de oxígeno disuelto en el sistema (Meade, 1989) y prevenir la estratificación salina y térmica, así como el bombeo de agua para el manejo de los recambios cada vez que sea necesario (Fast y Lester, 1992).

Debido a que el deterioro de la calidad del agua durante el cultivo está relacionado con la acumulación de desperdicios del alimento añadido, la frecuencia y severidad de los problemas de calidad de agua se incrementa con el incremento de las densidades de siembra; para obtener tasas de crecimiento óptimas, las cantidades diarias de alimento por unidad de área de cultivo deben

2. Generalidades

incrementarse en los estanques sembrados a altas densidades y esto provoca que se acumulen mayores cantidades de desperdicios metabólicos (Tucker, 1985). Uno de los mayores beneficios en el sistema extensivo es que, debido a que sus estanques son de grandes proporciones, los desperdicios son diluidos debido a lo grande del área; esto permite una más completa utilización de desperdicios por otras especies del estanque, dado que los sistemas no necesitan remover tales nutrientes para mantener una calidad de agua aceptable (Moore, 1986). Por tanto, el impacto de polución local de estos sistemas es poco determinante sobre la biocenosis establecida (Dutrieux y Givelorget, 1988).

El impacto de los efluentes procedentes de cultivos de baja intensidad es relativamente pequeño; sin embargo, en todos los sistemas hay posibilidad de liberación de patógenos dentro del ambiente y de amenaza a las especies silvestres. En sistemas altamente intensivos y en instalaciones que usan dieta comprimida, el alimento no utilizado y las heces son motivo de preocupación, especialmente debido al contenido de fósforo. Considerando que el fósforo es normalmente el primer factor limitante para el crecimiento de las plantas en los sistemas naturales de agua dulce, la introducción de grandes flujos de fósforo pueden, dependiendo de la latitud, causar la rápida eutroficación de aguas naturales receptoras de los efluentes (Meade, 1989).

Los efluentes de los estanques de camaronicultura, aún cuando no se asocian claramente con daño ambiental, pueden percibirse como un riesgo al ambiente debido al contenido de nutrientes, y los altos niveles de material sedimentable y de demanda biológica de oxígeno que los caracteriza que, además, son rasgos de una eutroficación pronunciada (Kinne, 1976; Hopkins *et al.*, 1988). Los estanques con frecuencia son altamente eutróficos, contienen mucho nitrógeno, fósforo y plancton y, por tanto, sus descargas de agua deben ser motivo de atención como fuentes puntuales de polución, comparables con plantas de tratamiento o industrias alimentarias. De hecho, las grandes granjas de acuicultura liberan cantidades de desechos orgánicos comparables con las de una ciudad de tamaño promedio (de entre 10 y 20 mil habitantes (Kinne, 1976; Boyd, 1978; SCT, 1986; Fast y Lester, 1992)), aunque es dudable que puedan representar una fuente puntual significativa de contaminación (Meade, 1989). No obstante, las circunstancias deben ser consideradas, ya que es posible que los efluentes de acuicultura sean descargados en aguas costeras oligotróficas y, aunque los efluentes de acuicultura varían ampliamente en calidad, la concentración de los parámetros en varios estanques puede ser lo suficientemente elevada para afectar ecosistemas acuáticos sensitivos (Ziemman, *et al.*, 1992).

Kinne (1976) ya desde hace 20 años, pronosticaba que las granjas de acuicultura pueden por sí mismas ser una amenaza para las áreas costeras también usadas para pesca o recreación, ya que la construcción de la infraestructura necesaria para el funcionamiento de las instalaciones y el impacto de sus maniobras de operación probablemente alterarían la dinámica de los ecosistemas en que se establecen. Recientemente, una publicación en Malasia sobre los efectos negativos a gran escala del maricultivo sobre el ambiente en la vecindad de la instalación (Anon, 1993) informa que los efectos deletéreos del desarrollo no pone en peligro directamente la operación de la granja, pero afectan la

erosión de la costa, la disminución de los recursos de agua dulce y la fauna silvestre general en el área (Hempel, 1993).

Fast y Lester (1992) presentan un listado de los problemas ecológicos que el cultivo de camarones ha producido durante los últimos 20 años en países orientales:

Desechos de los estanques. Los efluentes procedentes de los estanques y los criaderos, que incluyen desperdicios orgánicos, exceso de cal y alimentos, pesticidas, químicos tóxicos y microorganismos portadores de enfermedades, vertidos al interior de los canales vecinos dañan los organismos estuarinos y marinos. Estos desechos pueden alcanzar el agua de ingreso de las mismas granjas y criaderos adyacentes.

Conversión de zonas de manglar. La mayoría de las 210,000 ha de estanques salobres en el mundo fueron construidos en zonas de manglar y alrededor del 60% del decremento en los terrenos de manglar en Asia pueden ser atribuidos a la conversión de estanques (Fast y Lester, 1992) sin que se haya reparado en la importancia ecológica de los manglares como una fuente primaria y fuente de nutrientes para los ecosistemas marinos adyacentes, como un terreno de apareamiento y crianza para varias especies de organismos, como un amortiguador físico que provee protección costera contra tormentas y tifones, como un estabilizador de suelos a través de la acumulación de sedimentos, como una fuente de alimentos, combustibles y una variedad de productos para las comunidades locales (Odum & Heald 1975; Saenger et al, 1984).

Fast y Lester (1992) comentan además que en Filipinas, la reducción de las pesquerías costeras debido a la pérdida de manglares y la descarga de los desperdicios de los cultivos en las aguas adyacentes ha comenzado a marginar la subsistencia de los pescadores, ya que la otrora amplia distribución de los beneficios económicos derivados de los manglares, incluyendo alimentos y control de la erosión costera, no está ya más disponible a las comunidades ribereñas (Mercer & Hamilton, 1984).

Salinización de agua y suelos. La disminución del agua para uso doméstico y el deterioro de las cosechas en los huertos aledaños a las granjas han sido reportados como consecuencia de la proliferación de granjas intensivas (Fast y Lester, 1992).

La extracción de agua subterránea que se practica para disminuir la salinidad en los estanques durante el ciclo de cultivo, ha provocado la intrusión de agua salada en las fuentes de agua dulce de consumo doméstico (Laubier, 1993) de algunas regiones de las Filipinas, de modo que los terrenos localizados en la cercanía de estanquería de cultivo sufren las repercusiones de un suministro reducido de agua o de contaminación del agua subterránea con agua salada. Asimismo, las tierras agrícolas convertidas en granjas acuícolas están siendo sometidas irreversiblemente a salinización, imposibilitando el futuro re-uso para cultivo terrestre (Fast y Lester, 1992) debido a que la intensificación del uso del estanque y la profundación del periodo de cultivo para producir animales más grandes,

2. Generalidades

reducción del tiempo permitido para el rejuvenecimiento de los fondos de las estanquerías (Laubier, 1993).

Tales prácticas, acopladas con la polución industrial, agrícola y efluentes de las granjas camarónicas y el desarrollo de la enfermedad de *Baculovirus*, fueron los factores responsables de una crisis importante en la acuicultura de Taiwan, donde en 1967, la producción alcanzó 100,000 ton de *Penaeus monodon*; y para 1989, decayó dramáticamente a 20,000. La recuperación se inició en 1991 con 30,000 ton, luego de la reubicación de las granjas y el cultivo alternativo de *P. penicillatus* y *P. japonicus* (Laubier, 1993).

Hoy, esa experiencia es historia y se acepta que la buena calidad del agua es un prerrequisito para la sobrevivencia a largo plazo de la industria del maricultivo, y las consideraciones ambientales son de interés para los propios acuacultores (Hempel, 1993). Esta es una enseñanza que nosotros debemos tomar en cuenta. Existe un precedente útil que considerar en el desarrollo de nuestra industria y si mañana continuamos demostrando nuestra incapacidad para aprender a partir de la experiencia histórica, serán nuestras costas y nuestro desarrollo los amenazados.

3. Objetivos

Dado que son muy escasos los estudios realizados sobre las características de la calidad del agua en granjas camaronícolas, particularmente en los ambientes subtropicales, el presente trabajo tiene como meta principal presentar una descripción cuantitativa de las características de la calidad del agua en las granjas camaronícolas del noroeste de México.

Como objetivos generales se contemplan los siguientes:

- (1) Describir en términos estadísticos las concentraciones de doce parámetros de calidad del agua de suministro y de los efluentes de las cuatro granjas camaronícolas escogidas.
- (2) Establecer variaciones temporales de los parámetros estudiados e identificar correlaciones entre ellos.
- (3) Evaluar los efectos de las actividades relacionadas con el cultivo de camarón en la región sobre la calidad del agua de los cuerpos costeros asociados, por medio de los cambios detectados en los parámetros considerados, haciendo especial énfasis en la diferenciación entre las granjas semi-intensivas e intensivas.
- (4) Generar información que permita sentar las bases para el desarrollo de criterios pertinentes que puedan ser utilizados en la elaboración de normas o regulaciones relacionadas con la calidad del agua en las descargas de los efluentes camaronícolas.

4. Hipótesis

La selección de las estaciones de estudio y el diseño de la estrategia utilizada muestrearlas, se desarrolló de conformidad con el planteamiento de las siguientes hipótesis:

1. En cada granja se escogieron dos estanques característicos: el más viejo y más joven de las instalaciones, o bien, el de mayor y el de menor rendimiento, en base a la experiencia de los responsables de cada granja. Considerando estas diferencias en tiempo de operación o en producción a la cosecha, se espera que el comportamiento y los niveles observados a lo largo del ciclo de cultivo en las variables objeto de estudio será diferente entre los estanques. Asimismo, se espera obtener información con el más amplio espectro de variabilidad en cuanto a características de calidad de agua estudiadas.
2. En virtud de que se planeó dar seguimiento a dos ciclos completos de cultivo en cada granja y que la duración aproximada de estos es de alrededor de 6 meses, se espera que debido al transcurso de este lapso de tiempo, las características climatológicas definan claramente diferencias importantes de índole estacional, entre un ciclo y otro, en el comportamiento de las variables.

3. Las estaciones de trabajo se escogieron de modo que permitieran la colecta de muestras de agua al momento en que ésta llega a las granjas y de muestras de agua de desecho a la salida de dos distintos estanques. Considerando que el agua al ingresar a las granjas recibe un manejo que pretende optimizar la sobrevivencia y crecimiento de las especies cultivadas, se espera que los valores promedio estimados en las variables de estudio presenten diferencias significativas entre las aguas de ingreso y de desecho.

4. El manejo de las estanquerías de cultivo en dos de las granjas objeto de estudio se encuentra clasificado como de tipo intensivo y, en las otras dos, como de tipo semi-intensivo. A partir de esta consideración, se asume que las diferencias en el manejo del ciclo de cultivo se harán evidentes al estudiar el comportamiento de las variables en un tipo y otro de estanque.

5. Área de estudio

El presente estudio se realizó en cuatro granjas camaronícolas ubicadas en la región centro-sur del Estado de Sinaloa, dentro de la región que delimitan los paralelos $22^{\circ}37'30''$ y $23^{\circ}43'00''$ de latitud norte y los meridianos $105^{\circ}49'00''$ y $106^{\circ}50'00''$ de longitud oeste según se muestra en la Fig. 1.

Sinaloa es un Estado costero que cuenta con una superficie de $58,062 \text{ Km}^2$; con $17,751 \text{ Km}^2$ de plataforma continental y 656 Km de litoral. En la costa oeste de México las lagunas cubren un área de $597,500 \text{ Ha}$ y de esas, $212,000 \text{ Ha}$ están en Sinaloa (Blake *et al.*, 1981). Once corrientes principales contribuyen a un escurrimiento anual medio de $15,169$ millones de m^3 : los ríos Elota, Baluarte, Cañas, Mocoquito, Plaxtla, Sinaloa, Humaya, Tamazula, Fuerte, San Lorenzo y Presidio. Por los rasgos climáticos, el estado se divide en 3 regiones: septentrional (desde el río Fuerte a Topolobampo), central (entre el río Fuerte y Mocoquito) y meridional (del río Mocoquito a los límites del estado de Nayarit) (SAPyT, 1990).

Es precisamente en la zona meridional del Estado donde se localizan las granjas estudiadas. Sus características hidrológicas y climáticas pueden resumirse de acuerdo a la tabla 3.

Selección de las estaciones de estudio.

Las cuatro granjas camaronícolas se seleccionaron bajo los siguientes criterios principales:

- 1) el régimen hidrológico de las aguas de suministro -distinto para cada una de las granjas-; y
- 2) la densidad de siembra, tipo de sustrato y dimensiones de los estanques que se encuentran en operación.

De conformidad con anterior, dos de las granjas estudiadas son clasificadas como de tipo intensivo (granjas Dimas (D) y Escutia (E)) y dos como de tipo semi-intensivo (Clementina (C) y Simental (S)). En la tabla 4 se presentan de manera resumida algunas de sus características generales más relevantes.

En relación a los estanques que fueron estudiados a lo largo de este proyecto, las premisas bajo las cuales fueron escogidos son las siguientes:

- Tiempo de operación (el estanque de construcción más reciente y el de mayor tiempo de operación), que es el caso de las estaciones C1 y C8 en la granja C y EA2 y EB3 en la granja E. O bien,
- Rendimiento (dos estanques cuyas cosechas han demostrado ser significativamente diferentes, de conformidad con los registros de los responsables de cada granja; es decir, el estanque más productivo y el menos productivo de la granja). Este es el caso de las estaciones D6 y D8 en la granja D, y de S6 y S8 en la granja S.

6. Metodología

Estrategia de trabajo.

Se eligió pensando en determinar las características promedio de los efluentes y el agua de ingreso de cada granja, y contempló la rutina de trabajo que se detalla a continuación:

1. No. de estaciones por granja: tres.

- Una estación en el canal de llamada (para el caso de las granjas D, C y S) o reservorio (en la granja E);

- una estación a la salida de cada uno de los dos estanques estudiados en cada granja (dos estanques, dos estaciones).

2. Sitios de colecta:

- Agua de ingreso a las estanquerías; en el momento justo en que se bombea el agua hacia el interior de la granja;

- Agua de desecho: justo en el paso entre las compuertas que regulan el flujo de recambio de agua de cada uno de los dos estanques escogidos.

3. Número de muestras de agua:

Las muestras para el análisis de amonio-amoniaco y fósforo total se tomaron por duplicado; las de los análisis de fósforo disuelto, nitritos y nitratos se tomó una sola muestra con el volumen suficiente para hacer los análisis por duplicado; en el caso de las pigmentos fotosintéticos, SST, PPI y DBO se usaron muestras unitarias; y para los parámetros medidos *in situ* se corroboraron las lecturas al menos por duplicado. Para todas las determinaciones, sin excepción, se realizaron pruebas de precisión y límite de detección de la técnica, cuyos resultados se presentan en la tabla 5 en que se describen las técnicas analíticas.

4. Periodicidad de los muestreos. Semanal o bimensual, desde el inicio hasta el término del ciclo de cultivo.

- Semanal para las granjas Clementina, Simental y Escutia, debido a que la distancia geográfica que las separa es corta.

- Catorcenal para la granja Dimas, ya que la distancia geográfica es considerable y, en un análisis de costo-beneficio, se decidió que el gasto que implica su muestreo semanal es excesivo sobre los beneficios que esta frecuencia aportaría a los resultados del estudio.

3. Horario de muestreo. En virtud de la distancia que existe entre las granjas y la imposibilidad de contar con recursos humanos y materiales suficientes para que, de manera ideal, se muestreara simultáneamente en las cuatro granjas en un mismo intervalo de tiempo, se planeó la realización de los muestreos de las cuatro granjas en un solo día. El horario de trabajo en cada granja se definió de acuerdo al orden establecido en el itinerario de viaje que se presenta a continuación.

Orden de visita	Granja	Horario de muestreo
1.	Dimas	07:00 - 08:00
2.	Simental	11:00 - 12:00
3.	Escutia	13:00 - 14:00
4.	Clementina	16:00 - 17:00

Cabe hacer notar que con el fin de reducir variables en la comparación de datos entre estaciones, especialmente aquellos relacionados con concentraciones de oxígeno disuelto, pH y temperatura que presentan importantes fluctuaciones de acuerdo a la hora del día, el diseño experimental contempló el cumplimiento sistemático de los horarios arriba detallados, durante los ciclos de cultivo objeto de este estudio. Además, se estimó el consumo de un lapso promedio de 15 minutos para la realización de las actividades de medición *in situ* y colecta de muestras en cada una de las 3 estaciones establecidas para cada granja. No obstante, debe estimarse una variación de ± 1 hora, para el arribo a cada uno de los puntos que se mencionan en el itinerario, considerando los eventos imponderables que se presentan cuando se viaja por carretera y a zonas de difícil acceso.

4. Tipo de colecta.

- Colecta de agua sin filtrar, para las determinaciones de amonio, fósforo total, demanda bioquímica de oxígeno y salinidad. Las muestras se tomaron directamente del flujo de agua que ingresa a la granja, o que sale de los estanques, con pipeta automática de 4 ml para el análisis de amonio y con pipeta graduada de 10 ml para el de fósforo reactivo. Para el análisis de DBO (autoconsumo en 48 h) y salinidad, se colectó 1 litro de agua directamente del flujo de agua en un frasco de polietileno.

- Colecta de agua filtrada en volúmenes conocidos, para la determinación de nitritos, nitratos, fósforo disuelto, sólidos suspendidos, pérdidas por ignición y pigmentos fotosintéticos (clorofilas a, b y c). Se colectó en un recipiente, con capacidad aproximada de 20 litros, una

5. Metodología

muestra de agua que se filtró con jeringa Millipore de 50 ml, utilizando filtros de fibra de vidrio (GF/C) y se registró el volumen que pasa a través de cada filtro hasta que estos se saturaron (estos filtros se usaron para el análisis de pigmentos fotosintéticos y de sólidos suspendidos), o bien hasta que se alcanzaran a filtrar por lo menos 100 ml de agua, volumen mínimo necesario que se planteó para efectuar los análisis de nutrientes.

- **Colecta de agua para las mediciones *in situ* de oxígeno disuelto, pH y temperatura.** Se colectó una muestra pequeña en un frasco de polietileno, de aproximadamente 100 ml, para hacer la medición de pH; oxígeno disuelto y temperatura se midieron directamente sobre la compuerta de salida del estanque, insertando un este caso un electrodo selectivo de acuerdo a la técnica descrita posteriormente.

Métodos analíticos.

Técnicas de laboratorio. Los métodos de análisis de los parámetros referidos, se basaron en técnicas recomendadas en la literatura, con las adecuaciones necesarias para su realización en el Laboratorio de Química Marina de la Estación Mazatlán del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. En la tabla 5 se presenta un resumen de las técnicas de laboratorio y las referencias correspondientes.

Medición de parámetros *in situ*.

- **Temperatura del agua.** Se midió directamente en el sitio de la colecta con un termistor integrado a un oxímetro Orion modelo 820.
- **Oxígeno disuelto.** Se determinó directamente en el sitio de la colecta con un oxímetro Orion modelo 820, luego de verificar su correcta calibración conforme al instructivo de uso del equipo.
- **pH.** Se midió utilizando un potenciómetro marca Corning PS-15, calibrado con soluciones de amortiguadores de referencia Orion Research.

7. Resultados y discusión

Antes de iniciar con la presentación de los resultados y su discusión, es importante reiterar que las mediciones de temperatura, pH, oxígeno disuelto y en general la toma de cada muestra para la determinación de los parámetros a los que se hace referencia, fueron realizadas en una hora determinada del día para cada granja en particular, de acuerdo al programa de muestreo que se detalla en la sección 6. Por tanto, la comparación entre granjas de los niveles encontrados para parámetros que sufren variaciones cíclicas a lo largo del día, deberá ser considerada con cierta discreción.

Asimismo, con el objeto de familiarizar al lector con la nomenclatura que a continuación se usará, pareciera útil enlistar a continuación las etiquetas con que serán identificados los estanques objeto de estudio y nuevamente aclarar a qué tipo de granja corresponden y bajo qué suposición fueron escogidos:

Granja	Sistema	Ingreso	Estanque	Etiqueta
D	Intensivo	Di	Más productivo	D6
			Menos productivo	D8
E	Intensivo	Ei	Más viejo	EA2
			Más nuevo	EB3
C	Semi-intensivo	Ci	Más viejo	C1
			Más nuevo	C8
S	Semi-intensivo	Si	Más productivo	S8
			Menos productivo	S18

7.1. Cambios en los parámetros de calidad del agua en función del ciclo de cultivo.

En las tablas 6 y 7 (C, D, E y S), se presentan las concentraciones promedio y desviación estándar de los parámetros medidos, en los canales de ingreso y los efluentes de los dos estanques de cada una de las cuatro granjas objeto de este estudio, durante los ciclos primavera-verano 1993 (p-v) y otoño-invierno 1993-1994 (o-i), respectivamente.

Asimismo, en la tabla 8, se muestran los resultados obtenidos de la prueba de comparación de medias de t-Student (95% de confianza) (Miller y Miller, 1989) entre los valores promedio de las estaciones de muestreo en cada granja para cada ciclo de cultivo. De manera generalizada y como era de esperarse, las diferencias estadísticamente significativas más comunes en ambos ciclos de cultivo para cada parámetro, se encuentran entre los canales de llamada y los estanques, aunque existen sus excepciones, en las cuales los estanques también muestran niveles promedio distintos entre sí, los cuales serán discutidos en cada apartado más adelante.

Adicionalmente, con el fin de detectar diferencias de tipo estacional, se hicieron también las pruebas de comparación de medias de t-Student (95% de confianza) para los valores promedio de cada parámetro en particular, en función del ciclo de cultivo. Sus resultados se presentan en la tabla 9 y, de manera gruesa, pudiera decirse que no existen diferencias estadísticamente significativas consistentes entre los valores estacionales de las variables de cultivo, excepto para la salinidad e incluso para los pigmentos fotosintéticos, variables cuyas alteraciones son frecuentemente asociadas con las características ambientales (Martínez Córdova, 1993). Más adelante, se revisan caso por caso los resultados más interesantes obtenidos de esta prueba estadística.

Por último, las gráficas que muestran el comportamiento, a lo largo de los dos ciclos de cultivo mencionados, de cada uno de los parámetros evaluados en función del tiempo, se encuentran plasmadas en las figuras 2 a 16 (C, D, E y S) y su descripción se realizará en cada uno de los apartados que se enumeran a continuación.

Parámetros fisicoquímicos

7.1.1. Temperatura

Según Meade (1989), la temperatura es un parámetro hidrológico de efectos pronunciados, e incluso extremos, sobre la producción acuícola; Zein-Eldin y Aldrich (1965) y Dorsey (1976) sugieren que tiene una influencia significativa sobre el crecimiento y sobrevivencia de especies como *Penaeus aztecus* y de *P. californiensis*, respectivamente (Martínez Córdova, 1993); de ahí su importancia dentro de las variables de calidad de agua del cultivo. De conformidad con las aseveraciones de Meade (1989), cada especie en particular, tiene un intervalo óptimo dentro del cual la crianza resulta ser más eficiente.

Lawrence *et al* (1983) establecieron que *P. vannamei*, *P. setiferus* y *P. aztecus* requieren un valor mínimo de temperatura del agua de 23°C por 8-12 horas al día para crecer lo suficientemente rápido para el cultivo comercial y, de igual manera, en otra publicación de los mismos autores en 1985, se menciona que para el cultivo de las especies del género *Penaeus* spp se requieren temperaturas en el agua entre 23 y 32°C. Villalón (1991), de alguna manera corrobora esta aseveración al indicar que en el cultivo de camarones penelidos no debe permitirse que las temperaturas excedan 32°C. De hecho, según Martínez Córdova (1988), en granjas de cultivo de *P. stylirostris* de Puerto Peñasco, Sonora, México, el mejor crecimiento y sobrevivencia tuvo lugar entre temperaturas de 25 y 28°C.

Por su parte Boyd *et al* (1989), también consideran que las especies comúnmente cultivadas en estanques crecen mejor en el intervalo de 23 a 31°C y, aunque algunas de ellas pueden crecer

a menos que 20°C, temperaturas de 35°C o mayores son letales. A este respecto, Fast y Lester (1992) explican que, a muy bajas temperaturas, los procesos metabólicos se hacen más lentos, por debajo del nivel requerido para el mantenimiento celular y por eso el camarón muere, en tanto que, a temperaturas elevadas, las proteínas se desnaturalizan más rápidamente y las membranas se vuelven más fluidas provocando disfunciones metabólicas y muerte. Entre los extremos letales, el camarón es capaz de mantener funciones metabólicas apropiadas, pero la sobrevivencia y crecimiento siguen siendo afectados.

Los regímenes de temperatura en los estanques de acuicultura son generalmente los típicos de las condiciones en la región en que se ubican geográficamente y, al igual que cualquier cuerpo de agua cerrado, siguen patrones estacionales, ligeramente más cálidos en los meses de estiaje y más fríos en los meses en que se presentan fuertes precipitaciones (Hopkins, 1993). Crecimiento, sobrevivencia y cosecha generalmente son mejores en otoño que en primavera en las latitudes tropicales, probablemente debido a las altas temperaturas y concentraciones de oxígeno disuelto (Martínez Córdova, 1993).

A partir de que la temperatura del agua en los estanques camaronícolas está fuertemente relacionada con la temperatura ambiente (y con las condiciones de viento), es razonable entonces la ocurrencia de ciclos diarios en los cuales sus valores se incrementan durante las horas soleadas y decrecen durante las noches frías. Estas variaciones pueden provocar problemas de adaptación innecesarios para la población de camarones en cultivo; ya que el descenso en la temperatura durante la noche hace al camarón letárgico y provoca un decremento en la eficiencia de la alimentación durante el tiempo en que debiera estar en su punto más alto. Las altas temperaturas del agua en la noche incrementan la respuesta alimenticia y los niveles de actividad que permiten mejorar el crecimiento (Villalón, 1991).

En las figuras 2.C, 2.D., 2.E. y 2.S., se muestra el comportamiento de la temperatura respecto al avance de los ciclos de cultivo en cada uno de los cuerpos de agua estudiados y, en ellas se observa que la temperatura se incrementó a lo largo del ciclo de cultivo p-v alrededor de 7°C en general para todos los puntos de muestreo, como consecuencia del cambio de estación climática en la región; mientras que para el caso del ciclo o-i se observa un decremento en la misma magnitud.

En relación al intervalo óptimo de temperaturas para el cultivo de camarones peneidos, propuesto por Boyd et al (1989), que comprende de 23 a 31°C, cabe hacer mención que, mientras en la granja D se registraron temperaturas menores a 20°C (por debajo del límite inferior del intervalo) durante el ciclo o-i, en las granjas E, C y S se observaron temperaturas mayores

Inclusive a los 35°C durante ambos ciclos; es decir, por encima del límite superior definido en el intervalo.

De la prueba de comparación de medias entre los valores promedio de temperatura de los sitios de muestreo en cada granja, como era de esperarse, las diferencias más frecuentes en ambos ciclos de cultivo, se encontraron entre los canales de llamada y sus respectivos estanques. En las cuatro granjas se halló evidencia estadística que sugiere que los valores medios de temperatura en el canal de llamada son diferentes a los de los estanques. Esto podría explicarse en base a dos observaciones muy simples: (1) los estanques tienen mayor área superficial que el canal de llamada y menor profundidad, por tanto, reciben mayor influencia de la radiación solar y de los vientos; y (2) el curso de las aguas de los canales de llamada es más dinámico que en los estanques.

Adicionalmente, en las granja E y S, se observó que los promedios de temperatura en los estanques de una misma granja parecieran ser distintos también entre sí, lo cual puede explicarse haciendo referencia a la figura 1 en que se presentan los planos de las granjas estudiadas. En el plano correspondiente a las granjas E y S es posible observar que los estanques muestreados no tienen el mismo tamaño y por tanto, la influencia de la temperatura ambiente es posible que no sea asimilada de manera semejante.

En cuanto a los resultados de la comparación, en función del ciclo de cultivo, de los valores promedio de los parámetros medidos en cada sitio de muestreo, la temperatura no muestra diferencias estacionales estadísticamente significativas (al 95% de confianza) excepto para el estanque D8 de la granja D, cuyo ciclo de cultivo o-i tuvo una duración bastante más corta que la del ciclo p-v. Esto es, al remitirse a la figura 2 D., es posible observar que las fechas en que concluye el ciclo p-v para el estanque D8 corresponden a las semanas en que la temperatura presenta sus valores más elevados, y el ciclo o-i comienza casi tres meses después, cuando las temperaturas ya han empezado a declinar notablemente. Para el caso del estanque D8, por citar un ejemplo del caso común en las demás granjas, el final del primer ciclo y el inicio del segundo son tan cercanos que el denominado ciclo o-i todavía comprende niveles de temperatura característicos del verano en la región, por ello, aunque fuera razonable suponer diferencias estacionales en este parámetro, los valores registrados en las primeras semanas de cultivo del segundo ciclo enmascaran las disimilitudes esperadas.

7.1.2. pH

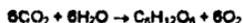
El agua de mar es un medio complejo caracterizado por la interacción fisicoquímica y biológica de sus componentes (Millero y Sohn, 1992):

- sólidos (material particulado orgánico e inorgánico),
- gaseosos (conservativos como N₂, Ar y Xe, y no conservativos como O₂ y CO₂);
- coloidales (orgánicos e inorgánicos), y
- disueltos (orgánicos e inorgánicos).

Aunque la mayoría de estos componentes son relativamente constantes y coexisten en equilibrio, el balance en que coexisten puede alterarse a consecuencia de diversos tipos de eventos, naturales o de origen antropogénico. En sistemas como los estuarios o cuerpos lagunares cerrados, los procesos de precipitación pluvial, disolución de materiales, evaporación, congelación y oxidación, pueden cambiar la composición de estos componentes principales del agua; lo mismo sucede en los casos en que se retira agua del océano y se usa en un sistema de cultivo que conserva heterótrofos: la capacidad del medio para dar soporte a la vida del ecosistema natural tiende a decrecer ya que las interacciones biológicas, al igual que el balance geoquímico, se ven alteradas (Kine, 1970;).

Las alteraciones principales incluyen la acumulación de desechos metabólicos, producto de la digestión y catabolismo de los propios organismos cultivados, como amonio o dióxido de carbono. Las concentraciones de estas sustancias se encuentran directamente relacionados con el pH del medio y, dependiendo de la capacidad amortiguadora del sistema, un cambio en sus concentraciones modificará el pH del estanque que, en aguas salobres debiera estar entre 6 y 9 de acuerdo a Meade (1989). Según Villalón (1991), los valores para estanques salobres típicos es de 7.4 y 8.5 para la mañana y la tarde, respectivamente.

Los cambios que se presentan durante el día en las concentraciones de dióxido de carbono debidos a la dinámica cíclica de la fotosíntesis y respiración, causan que el pH del estanque tenga un ciclo diurno, ya que, de conformidad con las siguientes reacciones, es fácil apreciar que durante las horas de luz, cuando el fitoplancton consume CO₂, los niveles de ácido carbónico tienden a disminuir dando lugar a un incremento en el pH del agua.



(reacción básica de la fotosíntesis en que el dióxido de carbono disponible es convertido en carbohidratos simples);



En la noche, el fitoplancton ya no remueve el CO₂ producido por los organismos heterótrofos y además, contribuye con su propio proceso de respiración al incremento de los niveles de CO₂ añadido al agua. Esto es, con el aumento de la concentración de ácido carbónico el pH disminuye

7. Resultados y discusión

(Tucker, 1985), de modo que el CO_2 actúa como un ácido y su remoción hará el agua menos ácida (pH se incrementará), mientras que su acumulación hará el agua más ácida (pH caerá) (Boyd, 1989).

De acuerdo a Boyd (1989), hay pocos datos sobre el efecto del pH sobre los camarones, pero considera seguro que el camarón responde al pH casi del mismo modo que los peces cultivados en aguas salobres, que han sido objeto de mayor cantidad de bioensayos. El efecto del pH sobre estos organismos se presenta de manera resumida en la siguiente tabla:

pH	Efecto
4	Punto de muerte ácida
4-6	Crecimiento lento
6-9	Óptimo para crecimiento
9-11	Crecimiento lento
11	Punto de muerte alcalina

Boyd y Fast (1992) han comentado que valores de pH por debajo de 4 y por encima de 10 pueden ser letales en peces, al igual que Tsel (1990), que considera que los niveles menores a 4.8 y mayores a 10.6, son letales para peneidos, estimando que el intervalo óptimo de 6.6 a 8.5 es el indicado para un crecimiento y conversión de alimento eficientes, ya que valores por encima de 9.0 pueden ser factor de reducción o dilación en el crecimiento de los organismos cultivados. Por su parte, Walton *et al.* (1982); Zimmer (1987), Zimmer y Storr (1984) y Alan y Maguire (1992) aseveran que los niveles bajos subletales afectan la maduración y reproducción en crustáceos; en tanto que Alabaster y Lloyd (1980) han mencionado que niveles bajos de este parámetro pueden reducir la productividad natural presumiblemente por reducción de disponibilidad de nutrientes, incluyendo fósforo (Boyd, 1982) y fuentes de carbono para fotosíntesis como bicarbonato (Alan y Maguire, 1992).

El aspecto práctico, quizá el más importante del pH en los estanques de cultivo, es su efecto sobre la ionización de amonio: altos valores de pH reducen la ionización del amonio y, por la tarde, esto puede propiciar que una considerable proporción del NH_4^+ total en el agua se convierta en NH_3 , y por tanto, se incrementan los porcentajes de esta porción tóxica no ionizada de los compuestos nitrogenados (Trusell, 1972; Tucker, 1985 y Hopkins, 1993).

Para el caso que nos ocupa, en las figuras 3.C, 3.D., 3.E. y 3.S., se muestran las variaciones de pH relacionadas con el avance del cultivo. En ellas se observa que en las estaciones de muestreo de las granjas C, D y E, durante los dos ciclos, los valores de pH presentan una ligera tendencia a disminuir conforme avanza el ciclo, lo cual podría explicarse en función del aumento de la biomasa en los estanques a lo largo del ciclo de cultivo; esto es, se incrementan: (1) la tasa de respiración; (2) la concentración de excretas; (3) la dosis de alimentación y por tanto de desperdicios de materia orgánica y (4) en conjunto, se acentúa la demanda de oxígeno en el sistema. Todo lo anterior propicia un incremento en los niveles de CO₂ en el agua y por tanto, una tendencia hacia pH cada vez más ácidos.

Respecto a las estaciones de la granja S, durante el ciclo p-v no es posible encontrar una tendencia definida, aunque durante el ciclo o-i, sí se presenta un comportamiento similar al señalado para los otros estanques mencionados.

Con excepción del estanque S18 de la granja S, los estanques considerados en este estudio presentan valores de pH significativamente mayores a los de sus respectivas aguas de ingreso, por lo menos en el ciclo p-v

Durante el ciclo o-i, únicamente las granjas D y C muestran promedios significativamente diferentes entre los estanques y su canal de ingreso, en tanto que las granjas E y S, más bien muestran que las medias obtenidas para sus estanques y respectivas aguas de ingreso, tienen los mismos valores.

Con relación a las diferencias estacionales, únicamente el estanque Ea2 de la granja E muestra cierta evidencia estadística que distingue sus promedios entre un ciclo y otro; todas las demás estaciones de muestreo presentan promedios estadísticamente indistinguibles.

Cabe hacer mención que, salvo escasas excepciones ocurridas en los estanques C1, Eb3 y otras más recurrentes en el estanque S8, en general los valores encontrados a lo largo de ambos ciclos, se mantienen en el intervalo de pH definido como óptimo para el cultivo de camarones peneidos, que oscila entre 6 y 9 (Boyd *et al.* 1989).

7.1.3. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto (OD) es la variable de calidad de agua más crítica en los sistemas de acuicultura (Boyd, 1989) y para cada organismo aeróbico existe una concentración mínima de oxígeno requerida, por debajo de la cual muere. Los requerimientos mínimos de oxígeno disuelto para las diferentes especies de camarones marinos aún no están establecidos; sin embargo, es posible considerar de manera análoga los requerimientos para peces, que al igual que con el pH, han sido más estudiados.

Se sabe que cualquier reducción de oxígeno disuelto por debajo del nivel de saturación del aire puede reducir el crecimiento y sobrevivencia de ciertas especies de peces (Warren *et al.*, 1973); y quizá se debe a que en estanques con bajas concentraciones de OD, los peces comen menos y no convierten alimento a músculo tan eficientemente como en los estanques con concentraciones de OD normales. Moshiri y Goldman (1969) han comentado que OD tiene una influencia significativa sobre la sobrevivencia de crustáceos porque afecta su metabolismo respiratorio (Martínez Córdova, 1993) y además, Sniezko (1973) y Plumb *et al.*, (1976) explican que la exposición continua a bajas concentraciones de oxígeno disuelto puede predisponer a los organismos cultivados a infecciones bacterianas.

La misma situación probablemente se exhibe en los camarones: en el caso extremo, las concentraciones de OD pueden caer tan bajo que los camarones en los estanques se mueren; sin embargo, la mayoría de las veces, los efectos adversos de bajas concentraciones de OD se expresan como crecimiento reducido y mayor susceptibilidad a las enfermedades (Boyd, 1989).

Las concentraciones mínimas de OD toleradas por los organismos cultivados son obviamente una función del tiempo de exposición; y la concentración mínima tolerable varía con la especie, el tamaño, estado fisiológico y de salud, y otros factores relativos al medio, como la temperatura del agua y la concentración de solutos; es decir, condiciones de calidad del agua (con particular observancia sobre amonio, nitrito, pH, ácido sulfhídrico y metabolitos orgánicos disueltos). Desafortunadamente, el conocimiento de las interacciones básicas entre estos parámetros sigue haciendo falta también; no obstante, con estas limitaciones en mente, se considera que un estándar mínimo de OD de 3 mg/l es probablemente un valor razonable para lograr una alta sobrevivencia y buen crecimiento, aunque con baja proporción de conversión de alimento (Tucker, 1985; Fast y Lester, 1992).

En el caso particular del bagre, la concentración mínima de OD para un crecimiento, reproducción y conversión de alimento adecuados es de 5 mg/l (Swingle 1969, Louisiana State Agricultural Experiment Station, 1988), pues se ha observado que aún en lapsos cortos de niveles de OD por debajo de 1 mg/l, el crecimiento y sobrevivencia del pez se reduce significativamente (Tucker *et al.*, 1976). Cameron & Magnum (1983) comentan que a pesar de que los requerimientos de oxígeno son mayores por Kg para peces pequeños, los peces grandes usualmente mueren primero a partir de bajas concentraciones de OD en los estanques con tallas mezcladas. El mismo fenómeno se aplica a camarones marinos respecto a la talla y la mortalidad debido a stress por bajo OD: los camarones pequeños pueden enfrentar los bajos niveles mejor que los camarones grandes debido a su más grande proporción área de branquias respecto al volumen corporal.

Boyd y Fast (1992) consideran que la mejor sobrevivencia y crecimiento en camarones marinos de cultivos se obtiene a concentraciones de oxígeno disuelto entre 3.5 mg/l y el nivel de saturación y, por el contrario, exposiciones cortas, desde 30 minutos, con niveles menores a 1.5 mg/l debieran ser prevenidas ya que pueden ser letales, tanto como los altos niveles de sobresaturación de oxígeno disuelto que son asimismo, potencialmente peligrosos (Fast y Lester, 1992). Para el caso particular de los penidos, Seidman y Lawrence (1985) observaron niveles críticos de OD de 1.9 mg/l, por debajo del cual el crecimiento y sobrevivencia de *P. vannamei* fue reducido y, para *P. stylirostris*, Martínez Córdova (1988) comenta que el mejor crecimiento y sobrevivencia tuvo lugar entre temperaturas de 25 y 28°C, salinidades de 34 a 35 ppm y OD por encima de 3 mg/l en una granja estudiada en Puerto Peñasco, Sonora, México.

Swingle (1969) hizo una valoración práctica de los requerimientos de oxígeno para peces cultivados en aguas cálidas y propone los valores siguientes:

Oxígeno disuelto	Efectos
< 1 mg/l	Letal si la exposición continúa más de unas pocas horas.
1-5 mg/l	El organismo sobrevive, pero la reproducción empobrece y el crecimiento se hace lento si la exposición es continua.
> 5 mg/l a saturación	El organismo se reproduce y crece normalmente.
Por encima de saturación	Puede ser riesgoso si las condiciones de supersaturación existen a través del volumen del estanque. Normalmente, no hay problema.

La solubilidad de oxígeno en agua y su concentración a la saturación dependen de la presión barométrica, temperatura y en menor grado, de la salinidad del medio; así, las aguas más frías conservan mayor concentración de oxígeno disuelto que las calientes y la solubilidad del oxígeno en agua se incrementa con la presión barométrica (Tucker, 1985). Los estanques de camarones normalmente están al nivel del mar y la variación en presión es ligera, por tanto, las aguas generalmente están por sí mismas a saturación y la difusión entre aire y agua puede ser usualmente adecuada para mantener óptimas concentraciones de OD para la sobrevivencia de los organismos cultivados (Boyd, 1986). No obstante, los procesos biológicos que en los sistemas acuáticos se llevan a cabo pueden cambiar las concentraciones tan rápidamente que la simple transferencia por difusión no es capaz de mantener la concentración de saturación en el agua (Boyd y Fast, 1992).

Las concentraciones de oxígeno disuelto, al igual que el pH, son dinámicas y exhiben ciclos diarios dominados claramente por la comunidad fitoplanctónica (Boyd y Fast, 1992). Durante periodos de intensa insolación, el fitoplancton produce grandes cantidades de OD y el agua del estanque puede alcanzar niveles de supersaturación; a lo largo de la noche, el 75% de este OD se consume por respiración del mismo fitoplancton y otros microorganismos dentro de la columna de agua y entonces, la respiración total en el interior del estanque excede el OD que se produjo durante el día por fotosíntesis. De aquí que las concentraciones en los estanques en general, son mayores en la tarde y menores al amanecer (Sanares, 1988; Martínez Córdova, 1993; Villatón, 1991) y, conforme la abundancia fitoplanctónica se incrementa, el ciclo diario del OD se vuelve más pronunciado (Boyd, C.E. 1986).

Los problemas de bajos niveles de oxígeno disuelto se acentúan con el incremento de la intensificación de los sistemas productivos, ya que la alimentación, que es una técnica probada para mejorar la producción de camarón por unidad de área, también provoca el deterioro de la calidad del agua y una mayor abundancia fitoplanctónica, lo que redundaría en la posibilidad de eventos de anoxia nocturna. Si el alimento se aplica en cantidades excesivas, la disminución de OD puede provocar inclusive la mortalidad de los camarones (Tucker, 1985; Boyd, 1989 y Boyd y Fast 1992). Debido a la influencia de la radiación solar sobre la fotosíntesis, la probabilidad de decaimiento de OD durante el clima nublado y por ende, de muertes repentinas de fitoplancton, son mayores en los estanques con altas tasas de alimentación y abundante biomasa fitoplanctónica.

El consumo de oxígeno en los estanques varía en relación con diversos factores como la concentración de oxígeno disuelto, *status* alimentario, peso de los organismos cultivados y la temperatura del agua. La temperatura afecta la concentración de gases disueltos, especialmente oxígeno, de modo que el equilibrio de concentración decrece conforme la temperatura crece, resultando en menos oxígeno disponible para respiración (Tucker, 1985). Por tanto, los niveles de oxígeno disuelto, al igual que la temperatura, deberían variar considerablemente de manera estacional (Martínez Córdova, 1993).

En las figuras 4.C., 4.D., 4.E. y 4.S., se presentan las gráficas de variación de la concentración de oxígeno disuelto en función de las semanas de cultivo para los cuerpos de agua de las granjas en estudio.

De acuerdo a lo descrito al comenzar este apartado y de conformidad con lo establecido por Tucker (1985), era de suponerse que las concentraciones de oxígeno disuelto declinarían con el avance del ciclo de cultivo y el incremento en las tasas de alimentación. Debido a que en los meses de marzo o abril, en que inició el ciclo p-v, el agua está menos caliente que en los meses en que finaliza (junio o julio), la solubilidad de oxígeno es mayor y la respiración por la biota es

menor al principio del ciclo que al concluir, por tanto, se esperaba observar notables diferencias en los niveles de oxígeno disuelto con el curso de las etapas del cultivo. Asimismo, dado que en el ciclo o-I, las variaciones en la temperatura del agua siguen un orden inverso al transcurso del periodo de cultivo, se esperaba que, en consecuencia, las concentraciones de oxígeno mostraran cambios detectables influenciados por el régimen climático. Para nuestra sorpresa, en términos generales, las variaciones en la concentración de OD no presentan relación alguna con el avance del ciclo de cultivo; especialmente en el caso de las granjas D y E, que cuentan con equipo de aeración en sus instalaciones, mismos que funcionan entre 8 y 12 horas diarias, para contrarrestar los niveles de anoxia nocturna.

Cabe mencionar que, no obstante el uso de aeradores, la granja D muestra datos puntuales de concentración de oxígeno menores a 3.5 ml/l en ambos ciclos, valor que es estimado por Boyd *et al.*, (1989) como el límite inferior del intervalo abierto de concentraciones óptimas para el cultivo de camarones peneidos. La granja S, que no cuenta con equipo de aeración, exhibe también este mismo tipo de datos durante el ciclo p-v, aún a horas consideradas de máxima producción fotosintética.

En lo que se refiere a las granjas C y E, sus niveles de concentración de oxígeno oscilan entre los 4.5 y 9 ml/l, con máximos mayores a 12 ml/l, en ambos ciclos, para las horas de insolación.

En lo que concierne a la prueba de diferencia de medias entre los estanques y sus canales de llamada en cada ciclo de cultivo, sólo las estaciones de la granja D no presentan evidencia alguna que permita distinguir sus valores promedio de oxígeno disuelto en ninguno de los dos ciclos.

En la granja C los niveles promedio en los estanques son considerablemente mayores a los del canal de llamada, lo cual es razonable si se observa que también los niveles de clorofilas a, b y c (como estimadores de abundancia fitoplanctónica) también son superiores en el agua de los estanques que en el agua que ingresa. Adicionalmente, se encontró también diferencia significativa entre las medias de los estanques, pero con la información de que se dispone no es posible explicar este hecho, ya que las variaciones en la concentración de clorofilas a, b y c a lo largo de todo el ciclo son tan abruptas para ambas estaciones, que cuando se comparan los promedios de los dos estanques, estos son estadísticamente indistinguibles.

En la granja E también se hallaron diferencias significativas entre el nivel promedio del canal de llamada y el de los estanques en los ambos ciclos de cultivo, lo cual asimismo coincide con las diferencias correspondientes entre los valores promedio de clorofila "a" para ambos ciclos; sin embargo, los estanques presentaron concentraciones medias equivalentes.

7. Resultados y discusión

En el caso de la granja S, los estanques muestran diferencias significativas entre sus promedios, que única y particularmente coinciden con las diferencias respectivas en los niveles de clorofila "a" para el ciclo o-i, pero que pueden ser relacionadas con las diferencias correspondientes en las medias de la temperatura halladas en los dos ciclos de cultivo.

En lo que corresponde a las diferencias estacionales de este parámetro, sólo se encontró evidencia de que los promedios fueran diferentes en los estanques Eb3 y C1 de las granjas E y C respectivamente. Las demás estaciones de muestreo presentan valores medios estadísticamente indiferenciables.

7.1.4. Salinidad

Parámetros como la salinidad habitualmente se les denomina "conservativos", debido a que no son significativamente afectados por las actividades de tipo biológico (Tucker, 1985) y, aunque los cambios en este tipo de parámetros son relativamente lentos, suelen ser de considerable importancia práctica, en virtud de la alteración que puede sufrir el equilibrio químico establecido entre los distintos compuestos disueltos en el agua de los estanques.

Los cambios en la salinidad son por mucho, más bien el resultado de procesos físicos de dilución por lluvia, concentración por evaporación o bien, la respuesta a los recambios de agua periódicos establecidos en cada granja (Hopkins, 1993).

Los granjeros de camarón usualmente toman sus aguas a partir de cuerpos de agua con características sujetas a influencias estacionales, lo cual propicia que la salinidad decline durante las lluvias y se incremente en estiaje. En algunos lugares la salinidad puede variar de 5 a 10 ppm o menos al final de la estación lluviosa, hasta 30 a 40 ppm o más al final de la estación seca. Los cambios en salinidad son normalmente graduales, así que la variaciones pueden ser detectadas en periodos semanales, a menos que la fuente de agua esté fuertemente influenciada por flujos de marea (Boyd y Fast, 1992).

Los requerimientos de salinidad para peneidos varían entre especies, pero algunas de las comunmente cultivadas pueden sobrevivir y crecer expuestas a 5 y 10 ppm, o aún menores, por periodos prolongados. Boyd y Fast (1992) consideran que los valores por encima de 45 a 60 ppm pueden ser letales y que la mayoría de las especies crecerán mejor a salinidades entre 15 y 30 ppm; no obstante, en una granja estudiada por Martínez Córdova (1998), el mejor crecimiento y sobrevivencia de *P. stylirostris* tuvo lugar a salinidades entre 34 y 35 ppm.

En las figuras 5.C., 5.D., 5.E. y 5.S., se muestran las variaciones de la salinidad en función del tiempo de cultivo para los dos ciclos estudiados. En las granjas C, E y S, este parámetro fue incrementándose conforme avanzó el ciclo p-v, seguramente debido a la evaporación creciente en

los estanques, en respuesta al incremento en las temperaturas ambientales durante el periodo de secas característica de la región noroeste del país.

En la granja D la salinidad muestra el comportamiento contrario; es decir, presenta una tendencia al decremento conforme transcurren los meses de cultivo, lo cual se explica con la presencia de una fuente de abastecimiento de agua dulce que es aprovechada para conferir características salobres a las aguas de los estanques de esta granja.

De acuerdo a Boyd *et al* (1989), el intervalo óptimo de salinidad para el cultivo de camarones peneidos se encuentra entre 15 y 25 ppm, mismo que en la granja D se cumple estrictamente, mientras que para las granjas S y C, los mínimos de salinidad se encuentran alrededor de las 40 ppm y los máximos registrados llegan a alcanzar niveles superiores a las 60 ppm. Por su parte, la granja E presentó un intervalo de salinidad desde 34 hasta 40 ppm.

Para el ciclo o-i, en todas las granjas la tendencia fue exactamente la misma que la descrita para la mayoría de las granjas en el ciclo anterior, sólo que desde el inicio, debido a la época de lluvias, los niveles de salinidad fueron menores y, en esta ocasión, hasta los cuerpos de agua de la granja D mostraron incrementos progresivos de la salinidad conforme transcurrió el cultivo, como una consecuencia del restablecimiento de las condiciones fisicoquímicas del agua cuando las precipitaciones concluyeron.

Por último, cabe mencionar que la granja S, que en el ciclo p-v presentó niveles de salinidad entre 40 y 65 ppm, para el ciclo o-i sus valores oscilaron entre las 8 y las 19 ppm, aunque el grueso del ciclo transcurrió con valores menores a las 10 ppm, fuera del intervalo óptimo de salinidad propuesto por Boyd (1989), mencionado anteriormente.

En relación a las pruebas de diferencia de medias, los datos de las granjas E y C mostraron evidencia estadística que sí permite diferenciar los valores promedio entre sus estanques y con respecto a sus canales de llamada correspondientes también, por lo menos durante el ciclo p-v. Esto pudiera deberse a que ambas granjas presentaron problemas con sus niveles de salinidad a consecuencia del incremento de las temperaturas ambientales en la región, así como de las tasas de evaporación del agua. Como medida de control de este inconveniente, ambas granjas debieron recurrir a la intensificación de los recambios en un intento por restablecer las condiciones óptimas de salinidad para el cultivo de camarón y quizá este sea el motivo por el cual las diferencias se hacen evidentes. En relación a la granja D, los cambios entre la salinidad de los estanques y el cuerpo de agua que los abastece apenas se nota en el caso del estanque D6, pero no con el estanque D8, lo cual pudiera deberse a diferencias en las características más bien del terreno y no del agua de ingreso, ya que inclusive se encontraron diferencias estadísticamente significantes entre las salinidades de los estanques entre sí.

En el caso de la granja S, sus aguas de ingreso también se ven afectadas por las altas tasas de evaporación, debido a la morfología y distribución del cuerpo lagunar que las abastece, así como al casi nulo aporte de agua dulce y escasa influencia de las mareas en los sitios de suministro, de manera que las concentraciones medias de salinidad son estadísticamente indistinguibles, ya que no cuentan con la posibilidad de intensificar recambios con aguas de menor salinidad que pudieran ayudarles a regular los efectos del incremento de las temperaturas ambientales sobre la salinidad de sus estanques.

En cuanto a las diferencias estacionales de los valores medios de salinidad, se encontró que éste es el único parámetro que de manera consistente muestra diferencias respecto al ciclo de cultivo para casi la totalidad de las estaciones de muestreo, con excepción del canal de llamada de la granja E, lo cual podría deberse a que en esta granja se cuenta con una toma subterránea de agua dulce que se utiliza para compensar los cambios de concentración de sales provocados por el incremento en las tasas de evaporación que ocasionan los incrementos de la temperatura ambiente; ya que esta toma no recibe influencia directa del clima exterior y por tanto, no refleja los cambios de temperatura que caracterizan a un ciclo y otro.

Nutrientes

Los nutrientes son el material básico del flujo de energía y de las estructuras en los sistemas biológicos; es decir, son elementos esenciales para el desarrollo de los seres vivos cuya carencia en el medio de cultivo limita, en mayor o menor escala, el desarrollo de la biota (Connell, y Hawker, 1992).

En los sistemas acuáticos, debido a la importancia que tiene la comunidad fitoplanctónica como primer eslabón de la cadena alimenticia y como regulador de la dinámica del oxígeno disuelto en los estanques camarícolas, es importante considerar que para poder cumplir con el proceso de fotosíntesis, el fitoplancton requiere además de radiación solar, de algunos elementos inorgánicos esenciales entre los cuales se encuentran al menos los siguientes: carbono, nitrógeno, fósforo, cloruro, azufre, boro, calcio, magnesio, sodio, potasio, zinc, cobre, hierro y manganeso (Boyd, 1989).

Las concentraciones óptimas de nutrientes en los estanques camarícolas están indefinidas; no obstante, entre los elementos enlistados arriba, destacan por su importancia los compuestos de nitrógeno (nitrito, nitrato y amonio) y los fosfatos, pues son los nutrientes que más probablemente limitan el crecimiento y la abundancia de fitoplancton (Tucker, 1985; Boyd y Fast 1992), sin embargo, en estanques de aguas salobres, Boyd, (1989) sugiere que es el nitrógeno el factor limitante de mayor importancia.

En los sistemas que reciben tasas altas de alimentación, normalmente no hay necesidad de aplicar estos nutrientes de manera artificial para fortalecer el crecimiento fitoplanctónico. En cambio, en sistemas con poca o nula alimentación, deben añadirse fertilizantes inorgánicos, que contienen algunas sales preparadas, o bien de origen orgánico, con base de estiércol, que contienen desechos orgánicos de los alimentos no digeridos, desechos nitrogenados líquidos y secreciones endógenas a partir de los animales y un gran porcentaje de células microbianas. En general, los fertilizantes inorgánicos estimularán más rápidamente el crecimiento fitoplanctónico y de otros autótrofos, debido a la facilidad de asimilación de las sales una vez disueltas (Diana *et al* 1991).

Los fertilizantes orgánicos, como el abono de estiércol, a diferencia de los inorgánicos, más bien estimularán el desarrollo de materiales alimenticios de calidad mediante la intervención de la comunidad microbiana, que transformará la materia orgánica fecal en una partícula detritica de diferente composición nutricional respecto de su material de origen. Además, las enzimas microbianas exocelulares son capaces de hidrolizar sustancias fibrosas indigeribles y las hacen disponibles a los consumidores (Fenchel y Jorgensen, 1977). Similarmenete, la proteína de baja calidad y las fuentes de nitrógeno no proteico pueden ser metabolizadas por microbios e incorporadas a sus proteínas celulares (calidad superior), así, el valor biológico del material será mejorado cuando la colonización heterotrófica del material vegetal transforme la calidad proteica de una proteína vegetal a proteína animal, e incorpore los nutrientes de componentes de fibra refractaria en una forma más digerible (Moore, 1986).

• Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento esencial para los seres vivos, indispensable para crecer y para mantener las funciones vitales. Puede ser tomado del ambiente por los organismos desde diferentes fuentes, por ejemplo: las plantas lo utilizan como sales (nitratos y nitritos) en tanto que los microorganismos pueden usar desde compuestos orgánicos complejos como la urea y los aminoácidos, hasta las sales de nitrato, nitrato y amonio.

Aún cuando los sistemas acuáticos pueden recibir una cantidad considerable de nitrógeno por escorrentía, la fuente principal de nitrógeno en los estanques de cultivo es la proteína de los alimentos añadidos: se estima que más del 90% del total de nitrógeno que alcanza el agua procede de la desaminación de las proteínas contenidas en los alimentos para camarón, que son llevadas a amonio, como producto metabólico, por los organismos cultivados. De ahí que la mineralización de nitrógeno a partir de los tejidos de organismos muertos y en descomposición bacteriana, sea también una ruta importante de liberación de amonio disponible que puede ser utilizado para el crecimiento de otros organismos (Tucker, 1985; Boyd, 1989).

7. Resultados y discusión

El nitrógeno amoniacal puede también ser asimilado por plantas o nitrificado a nitrato con nitrito como producto intermedio. Aunque los nitratos pueden ser también asimilados por las plantas (Tucker, 1985) se conoce que el fitoplancton consume preferentemente el amonio (Strickland 1969; Eppley *et al* 1969).

La importancia del fitoplancton en el balance de nitrógeno de las aguas de los estanques puede ser demostrada examinando la relación entre la periodicidad del crecimiento fitoplanctónico y los cambios observados en las concentraciones totales de nitrógeno amoniacal (Tucker *et al*, 1984). Periodos de rápido decremento de abundancia fitoplanctónica están invariablemente asociados con el incremento de las concentraciones de nitrógeno amoniacal total. Este es el resultado de la mineralización del nitrógeno amoniacal en las células de las algas muertas y la reducción en la tasa de asimilación por las plantas del amonio excretado por los organismos cultivados. Cuando la abundancia fitoplanctónica subsecuentemente se incrementa, el nitrógeno amoniacal total disminuye conforme el amonio se asimila y se incorpora a la nueva proteína de las algas (Tucker, 1985).

El destino y cicloje de nitrógeno en los estanques es de particular interés debido a que el amonio no ionizado y los nitritos, son tóxicos para los camarones a concentraciones relativamente bajas (Tucker, 1985).

7.1.8. Amonio

El amoniaco liberado en el medio acuático establece un equilibrio con el ión amonio, dependiente del pH y la temperatura: La toxicidad del amonio se atribuye principalmente a la forma no ionizada:



Conforme se incrementan las concentraciones de amonio en el agua, la excreción de amonio por los organismos acuáticos disminuye, y los niveles de amonio en sangre y otros tejidos se incrementa. El resultado es una elevación en el pH sanguíneo y efectos adversos en las reacciones catalizadas por enzimas y sobre la estabilidad de las membranas celulares. El amonio incrementa el consumo de oxígeno por los tejidos, daña las branquias y reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno y, en los organismos expuestos a concentraciones subletales, también se incrementa la susceptibilidad a las enfermedades. Usualmente la toxicidad del amonio se expresa más bien por tasas reducidas de crecimiento en lugar de mortalidad (Boyd, 1989).

La tolerancia de los organismos acuáticos al amonio varía con la especie, las condiciones fisiológicas y los factores ambientales pero, obviamente, la toxicidad será un problema mayor a pH elevados, de hecho, debido al ciclo diario de variaciones diarias de pH, las concentraciones de

amonio no ionizado cambian continuamente. Las altas concentraciones de amonio son más comunes en estanques con altas tasas de alimentación y el único medio efectivo de reducir los niveles elevados del metabolito es el recambio de agua (Boyd, 1989).

La técnica utilizada en el presente trabajo para la medición de amonio-amoniaco, considera indistintamente las formas ionizada y no ionizada, por lo cual los niveles que se presentan vienen a ser la suma de las dos especies químicas que en lo sucesivo será llamada nitrógeno amoniacal.

En las figuras 6.C, 6.D., 6.E. y 6.S., se presentan las variaciones de concentración de nitrógeno amoniacal en los cuerpos de agua de las granjas objeto de este estudio, relacionados con las semanas de cultivo. En ellas puede apreciarse que en la granja D existe una clara tendencia a incrementar los niveles de concentración de esta especie nitrogenada en función del tiempo para ambos ciclos, de igual forma como lo comentara Hopkins (1993) en un estudio en estanques de cultivo de camarón de tipo intensivo, sobre los cuales indica que las concentraciones de amonio inicialmente son bajas, pero la concentración promedio tendió a incrementarse conforme progresó la estación de cultivo.

En la granja S durante el ciclo p-v se repite el mismo comportamiento, aunque para el ciclo o-i, ocurre lo contrario. Lo mismo sucede en la granja E, donde las concentraciones estimadas tienden a incrementarse conforme avanza el cultivo p-v; pero durante el ciclo o-i, y sólo en el agua de suministro, esta tendencia es opuesta, en tanto que los estanques no presentan un patrón definido de comportamiento para sus concentraciones de amonio.

La granja C presenta características distintas a las descritas anteriormente. Para iniciar, sus valores de concentración de nitrógeno amoniacal en el ciclo p-v, no parecieran estar influenciados por el tiempo de cultivo y salvo máximos y mínimos equivalentes registrados en un par de semanas alternadas, podría decirse que la mayor parte del ciclo de cultivo, los niveles de esta especie nitrogenada se mantienen estables. No obstante, parece importante comentar que en un estudio previo, realizado en los estanques C1 y C5 de esta misma granja, durante el ciclo p-v de dos años atrás, se encontró que el comportamiento del nitrógeno amoniacal era directamente proporcional al tiempo de cultivo (Guerrero Galván, 1993). Cabe mencionar que para el estanque C1, el ciclo de cultivo concluye con el valor máximo alcanzado en el ciclo, en tanto que para el estanque C8, el último valor registrado antes de cosechar, es el menor de toda la temporada.

En el ciclo o-i, las concentraciones de amonio en el canal de llamada y los estanques muestran una ligera tendencia a incrementarse respecto al avance del cultivo, aunque en los estanques esta tendencia se cumple sólo hasta mediados del ciclo, a partir de donde las concentraciones disminuyen notablemente para luego volver a incrementarse ya casi para concluir, en aparente respuesta a las fluctuaciones que presenta el agua de suministro al sistema, aunque también estas

variaciones pudieran ser respuesta inversa a los cambios en densidad fitoplanctónica: amonio es generalmente bajo cuando las poblaciones fitoplanctónicas son elevadas, con correspondientes altos valores de pH (Hopkins, 1993). Adicionalmente, pareciera importante añadir que durante un seguimiento realizado de este parámetro anteriormente en el estanque C1 para la sesión 0-1, el comportamiento detectado fue más bien con tendencia inversamente proporcional al avance del ciclo de cultivo. El autor del estudio comenta que tales variaciones reflejan con franqueza que la calidad del agua de los estanques de la granja está fuertemente influenciada por la calidad del agua del cuerpo lagunar de suministro (Guerrero Galván, 1993).

En relación al estudio del comportamiento de los compuestos nitrogenados, resulta importante tener en mente que los datos de amonio tienen una gran variabilidad debido a la naturaleza dinámica del amonio, así como también deben considerarse las limitaciones analíticas a bajas concentraciones (Sanares, 1986).

Sobre los valores de amonio que aparecen publicados en la literatura especializada, Boyd (1989), comenta que los estanques raramente contienen más de 2 o 3 mg/l de amonio total (170 μM) y, respecto a los niveles tóxicos de este compuesto Wickins (1976), hace referencia a 75.85 μmol por litro durante 48 horas aproximadamente como concentración letal. Cabe mencionar que en ninguna de las cuatro granjas estudiadas se alcanzaron estos niveles durante el ciclo de cultivo completo.

7.1.6. Nitritos

Los nitritos es posible hallarlos en aguas naturales pero en muy bajas concentraciones, como intermedios en la nitrificación bacteriana del amonio a nitrato y la denitrificación del nitrato a nitrógeno elemental. Sólo eventos muy particulares pueden provocar la elevación de sus niveles de concentración, y pudiera ser el caso la ausencia de una comunidad fitoplanctónica suficiente para consumir el amonio, lo que provocaría que las bacterias nitrificantes utilicen el amonio como aceptor de electrones en sus cadenas respiratorias y lo oxiden, inicialmente a nitrito y posteriormente a nitrato (Krom *et al.*, 1993). El incremento en las concentraciones de nitritos ocurre concurrentemente con, o ligeramente después, del incremento de las concentraciones totales de amonio. Los máximos niveles de nitrato son alcanzadas poco después. Esta serie de eventos, con incrementos en amonio total seguidos por nitrito y luego nitrato, parecen indicar que la nitrificación ocurre con un periodo de retraso entre la ocurrencia de nitrito y su oxidación a nitrato (Tucker, 1985).

Nitrito es nocivo al camarón a concentraciones relativamente bajas y al parecer, su toxicidad estriba en el daño que provoca en las branquias de los organismos acuáticos, afecciones que

redundan en una reducción en la capacidad para realizar el intercambio gaseoso (Wedemeyer et al, 1978).

En las figuras 7 (C, D, E y S), se muestran las variaciones de la concentración de nitritos respecto al avance del cultivo y puede observarse que, para casi todos los estanques estudiados, los niveles de esta variable no presentan una tendencia clara respecto al tiempo, excepto el estanque S8 de la granja S, cuyos valores parecen incrementarse con el curso del cultivo y alcanzan magnitudes bastante mayores a las del agua de ingreso.

Cabe destacar que las fluctuaciones en concentración de nitritos detectadas en los canales de llamada de las cuatro granjas no parecen tener influencia sobre el comportamiento de los niveles en los estanques respectivos, sino que las variaciones observadas en ellos son el resultado de procesos internos propios del sistema de cultivo, que pudieran estar relacionados con la dinámica particular de la biomasa fitoplanctónica, ya que se encontraron algunas relaciones significativas entre los niveles de nitritos y los pigmentos fotosintéticos en los estanques de las granjas C, D y E, se comentan en la sección 7.2.

En el caso de la granja C, el canal de ingreso siempre presentó concentraciones mayores que los estanques correspondientes y, al contrario de lo sucedido en la granja D, en la que el agua de suministro presentó casi todo el tiempo, excepto de agosto a octubre, concentraciones menores que la estanquería. En relación a la granja E, salvo un par de fechas fácilmente identificables, los valores detectados en el canal de suministro siempre son mayores que los registrados en sus estanques correspondientes.

Los niveles más elevados registrados de nitritos en el presente estudio, durante el período p-v pertenecen a la granja E y oscilan entre las <0.07 y $0.86 \mu\text{M}$, seguidos por los de la granja C que van desde <0.07 a $0.76 \mu\text{M}$, la granja S, de <0.07 hasta $0.67 \mu\text{M}$, y por último la granja D, de <0.07 a $0.34 \mu\text{moles/l}$. Para el ciclo α -I, las concentraciones más elevadas entre las granjas las tuvo el estanque D8, donde se alcanzaron magnitudes en ocasiones superiores a las $4.5 \mu\text{M}$. En cualquier caso, estas concentraciones no se acercan a los niveles considerados como tóxicos para camarones peneidos por Wickins (1976), que oscilan alrededor de los 170.0 mg/l ($3.695 \mu\text{M}$).

7.1.7. Nitratos

Los efectos de los niveles de concentración de nitrato sobre los peneidos no se encuentran documentados en la literatura, lo que hace suponer que esta especie no presenta efectos tóxicos a las concentraciones en que se presenta en la naturaleza, como en las estanquerías de cultivo. Sin embargo, en condiciones naturales se ha encontrado una correlación lineal negativa entre la concentración de nitrato del agua y la abundancia de algunos ciliados ectocomensales en *P.*

japonicus (Hudson *et al.*, 1992), la abundancia de estos ectocomensales puede llegar a tener en algunos casos efectos dañinos para los camarones (Overstreet, 1973).

La variación de los niveles de concentración de nitratos en función del tiempo, se muestra en las figuras 8 (C, D, E y S), para las cuatro granjas objeto de este estudio. Los estanques de las granjas E, S y C, muestran concentraciones máximas al inicio del ciclo p-v y una caída abrupta entre la segunda y tercera semana de cultivo; a partir de donde los niveles de concentración se hacen menores al límite de detección de la técnica utilizada para su estimación ($<0.33 \mu\text{M}$) casi hasta finalizar el ciclo, aunque en el caso de la granja E, los niveles se incrementan de nueva cuenta a partir de la novena semana.

Las concentraciones máximas al inicio del ciclo pueden ser consecuencia de la fertilización del estanque previa al sembrado; las cuales, al establecerse el equilibrio entre niveles de nutrientes y densidad de fitófitos, disminuyen considerablemente. Adicionalmente, el repunte en las concentraciones de este compuesto nitrogenado en los estanques de la granja E, podría ser respuesta de una segunda fertilización subsecuente, pero no se dispone de este tipo de información.

Respecto a los estanques de la granja D, los niveles de concentración de nitratos se encuentran por debajo del límite de detección de la metodología empleada, desde el inicio del ciclo de cultivo y éste concluye sin que se note algún cambio de condiciones y quizá se deba a que la fertilización inicial al ciclo de cultivo no se realiza con sales inorgánicas sino con estiércol de aves.

La función de los abonos orgánicos de aves, es enriquecer la capa detritica del fondo y estimular la trama alimenticia en el criadero, es decir, fortalecer la productividad natural mientras el sistema se mantiene en balance y los nutrientes son incorporados a la biomasa del cultivo, en lugar de suministrar de golpe una alta concentración de nutrientes que a menudo supera las necesidades reales de los consumidores. Entonces, a pesar de que el sistema recibe tratamiento fertilizante, el aporte nutricional no es fácil ni inmediatamente detectable en disolución.

Durante el periodo o-i, el máximo de concentración de nitratos no se encuentra en las primeras semanas de cultivo, sino que se presenta de manera generalizada para todos los cuerpos de agua de las granjas D, C y E ya avanzado el periodo, exactamente en la colecta del 22 de septiembre de 1993 y es a partir de entonces que los niveles alcanzados se ven disminuir conforme avanza el ciclo, aunque no de manera uniforme. Este máximo seguramente se halla asociado con la llegada del huracán Lidia, cuyas lluvias torrenciales afectaron a la región centro-sur del Estado de manera uniforme, e inclusive, sus vestigios entorpecieron el acceso a las granjas D y S durante algunas semanas. Así, el aporte vía escurrimientos, ocasionado por las fuertes precipitaciones del huracán Lidia fueron el factor principal de contribución de nitratos al sistema durante estas fechas.

7.1.3. Nitrógeno total

En las figuras 9.C., 9.D., 9.E. y 9.S. se presentan las fluctuaciones de las concentraciones de nitrógeno total en función del cultivo para los ciclos p-v y o-i. Para los estanques de las granjas C y E no se encontró un patrón definido en las variaciones de este parámetro respecto al tiempo en ninguno de los dos ciclos.

En la granja S, para el ciclo p-v, las concentraciones en los tres sitios de muestreo permanecieron siempre por debajo de $3 \mu\text{M}$, mientras que en el ciclo o-i, las variaciones tienen mayor amplitud y no siguen un patrón definido de comportamiento.

Respecto a la granja D, las concentraciones encontradas fueron inferiores a $50 \mu\text{M}$, con excepción de la colecta correspondiente al 22 de septiembre de 1993, donde las concentraciones presentan un máximo mayor a $100 \mu\text{M}$, después del cual las concentraciones recuperan sus niveles iniciales de manera abrupta. Cabe hacer mención que este máximo se presenta de manera generalizada en esta fecha también para las granjas C y E.

Antes de concluir con el apartado de los compuestos nitrogenados, es importante mencionar que las pruebas de diferencia de medias de t-Student entre los sitios de muestreo para cada granja arrojaron como resultado que los niveles promedio de amonio, nitritos, nitratos e inclusive nitrógeno total (como sumatoria de los anteriores) sólo son distinguibles entre estanques y canales de llamada para las granjas E y C. Cabe mencionar además, además, que estas diferencias se deben a que durante ambos ciclos de cultivo, los niveles promedio de estos compuestos nitrogenados son mayores en los canales de ingreso que en los estanques en ambas granjas; es decir, al parecer existe un marcado consumo de estos nutrientes en el interior de los sistemas de cultivo.

En la granja S no se encontró suficiente evidencia que permita establecer diferencias significativas entre las concentraciones de ningún compuesto nitrogenado en las aguas de ingreso y de los estanques, aunque por simple inspección gráfica, en el caso de los nitritos y nitratos, los niveles promedio observados en las estanquerías son más bien mayores a los del canal de suministro, lo cual pudiera ser indicio de que en esta granja los desechos orgánicos nitrogenados alcanzan a ser oxidados y se estén liberando nitritos y nitratos al sistema. De hecho, es la granja con más bajo porcentaje de recambio diario de agua en los estanques, entre las cuatro granjas estudiadas (apenas 5%), seguida por la granja C, con un intervalo de 5 al 8%; la granja E con 10-14% y por último, la granja D con 30%.

En relación a la diferencia entre los promedios estacionales de estos parámetros para cada sitio de muestreo, es claro que las concentraciones de estos compuestos nada tienen que ver con las

variables ambientales, ya que no se encontró evidencia de que existieran diferencias estadísticamente significativas entre los niveles medios de ninguno de los compuestos nitrogenados en los ciclos de cultivo evaluados.

• Fósforo

Mucho se ha discutido sobre la posibilidad de que el fósforo sea el factor limitante de la producción fitoplanctónica en las aguas naturales, y aunque a la fecha no existe respuesta a esta incógnita, algo que sí ha quedado demostrado es que en caso de una deficiencia notable de este compuesto, el desarrollo del fitoplancton será asimismo deficiente (Morris, 1980; Heyman *et al.*, 1988).

El fósforo se considera un nutriente esencial para los seres vivos debido a su función estructural en las moléculas de ADN y por su participación, como ATP, en los procesos celulares de manejo de energía (Pierru, 1979). Los organismos autótrofos lo requieren para crecer; por tanto, utilizan las cantidades disponibles en su medio, incluso hasta agotarlas, con lo cual se produce una inhibición en el crecimiento de la biomasa fitoplanctónica. De acuerdo a Millero y Sohn (1992), a niveles por encima de $0.3 \mu\text{M}$, la tasa de crecimiento de varias especies de fitoplancton es independiente de la concentración de fósforo; no obstante, por debajo de $0.3 \mu\text{M}$, la división celular se inhibe y se producen células deficientes de fósforo, aunque también comenta que esto probablemente no ocurra en los océanos dado que los nitratos son consumidos usualmente antes de que los fosfatos caigan a niveles críticos. Nuevamente la incógnita sobre el reactivo limitante.

El fósforo se presenta en las aguas naturales en forma disuelta o particulada; y en las capas marinas superficiales los fosfatos orgánicos, disueltos y particulados, proceden de los productos de excreción y descomposición de organismos marinos. Entre los compuestos fosforados de origen orgánico podemos mencionar carbohidratos fosforados, fosfolípidos, fosfonucleótidos y los productos de su hidrólisis; así como los ésteres de fosfato (enlaces O-P) y los ácidos aminofosfónicos más estables (enlaces C-P).

En agua de mar, la distribución de las formas variadas de fosfato está controlada por los procesos biológicos y físicos propios del medio y, aunque cabe mencionar que, de acuerdo con Heyman *et al.* (1988), la utilización por los productores primarios está limitada a su disponibilidad en forma reactiva (O-PO_4). En las aguas superficiales, el O-PO_4 es capturado por el fitoplancton durante la fotosíntesis, ya que los compuestos fosforados tales como ATP y la coenzimas de nucleótidos juegan un papel clave en la fotosíntesis y otros procesos en las plantas, aunque la absorción y conversión a compuestos organo-fosforados puede realizarse aún en la oscuridad.

Cuando el fitoplancton muere, el fósforo orgánico es hidrolizado rápidamente a través de la acción de enzimas fosforilasas y convertido en fosfatos. Mucho de este fitoplancton es consumido por el zooplancton, que obtiene fosfatos en el proceso, pero el material no asimilado se pierde en heces fecales que contienen apreciables cantidades de fósforo orgánico. La excreción de fósforo por el zooplancton es mínima cuando el fitoplancton es abundante y máxima cuando el fitoplancton no es abundante. La baja tasa de excreción cuando el alimento es abundante crece debido a que los fosfolípidos están siendo almacenados o usados para la producción de huevos, pero cuando el alimento escasea, este comportamiento se revierte y el fósforo es excretado (Millero y Sohn, 1992).

7.1.9. Fósforo disuelto

En las figuras 10.C., 10.D., 10.E. y 10.S., se muestran las variaciones de los niveles de fósforo disuelto en función de tiempo de cultivo para las granjas estudiadas. Para todos los estanques, en ambos ciclos, el avance del tiempo no pareciera tener una influencia clara sobre la variación de las concentraciones de este nutriente, aunque durante el ciclo o-i, en el canal de ingreso de la granja D, sí se puede apreciar una clara tendencia de este parámetro a decrecer conforme transcurre el tiempo. Hopkins (1993) explica que las concentraciones de O-PO_4 tienden a decrecer cuando se incrementa el fitoplancton y, como se verá posteriormente, el indicador de biomasa fitoplanctónica elegido en este estudio, la clorofila "a", pareciera evidenciar que efectivamente en este cuerpo de agua los niveles de fitoplancton se fueron incrementando en el transcurso del ciclo de cultivo, lo cual podría explicar el decremento progresivo de los niveles de fósforo disuelto en el sistema; hecho que no se aprecia en las estanquerías debido quizá a las variaciones que se presentan en las concentraciones de este nutriente a consecuencia de la fertilización paulatina que genera la acumulación de los desperdicios del suministro alimenticio a lo largo del cultivo.

Únicamente se halló evidencia de disimilitud entre los niveles de concentración promedio de fósforo disuelto entre canales de llamada y estanquería, en ambos ciclos de cultivo, en las granjas D y C; en tanto que en las granjas E y S más bien pareciera que sus promedios son prácticamente los mismos para todos los puntos de muestreo en los dos ciclos considerados.

Por último, el estanque C1 de la granja C y el canal de ingreso S1 de S, son los dos únicos sitios de muestreo que presentan diferencias estacionales estadísticamente significativas entre sus concentraciones promedio de fósforo disuelto.

7.1.10. Fósforo total

Las variaciones de la concentración de fósforo total en relación con el tiempo de cultivo se presentan en las figuras 11.C., 11.D., 11.E. y 11.S. En ellas es posible apreciar que en las granjas

7. Resultados y discusión

D y E, durante el ciclo p-v, los niveles de este nutriente tienden a elevarse conforme transcurren las semanas de cultivo y desde el inicio sus valores son superiores a los que presenta el canal de llamada. En los estanques de las granjas S y C se presentan cantidades que varían a lo largo del ciclo de cultivo sin relación aparente con el paso del tiempo; sin embargo, con excepción del estanque S18 de S, en ambas granjas los niveles de concentración al final del ciclo de cultivo, son ligeramente menores a los iniciales.

Para el ciclo o-i, las granjas C y S no muestran una tendencia sistemática en las concentraciones conforme avanza el cultivo, aunque las concentraciones iniciales son mayores que las encontradas al final del período. En el caso de los estanques D6 y D8, las concentraciones de fósforo total tienden a aumentar respecto al tiempo, aunque parecen ser más bien reflejo de las concentraciones del agua de suministro que se mantienen de manera constante por debajo de 5 μM . Esta suposición se hace más firme al observar los resultados de la prueba de comparación de medias entre los sitios de muestreo de la granja D, los cuales presentan evidencia de que las concentraciones promedio de este nutriente fosfatado son las mismas para los tres cuerpos de agua en ambos ciclos de cultivo.

A diferencia de la granja D, en los estanques de la granja E, las concentraciones de fósforo total no reflejan los niveles del canal de llamada, y aunque no muestran tendencias bien definidas, las concentraciones se incrementan respecto al tiempo a partir de un mínimo, probablemente a consecuencia de la acumulación de desechos alimenticios en los estanques. Las concentraciones promedio de los estanques no son significativamente distintas entre sí, aunque sí lo son en relación al canal de llamada en los dos ciclos de cultivo.

De acuerdo a Guerrero-Galván (1993), al igual que la salinidad y las concentraciones de nitratos y nitratos, los niveles de concentración de los fosfatos en el agua son fuertemente influenciados por la presencia de lluvia, ya que en su estudio realizado en la granja C se registran concentraciones más altas de este nutrimento después de precipitaciones pluviales, por lo cual sería razonable pensar en que las concentraciones de fósforo total en el ciclo de lluvias debieran ser mayores que las de estiaje. Considerando esta aseveración, pudiera explicarse entonces el por qué sólo se halló evidencia estadística de que las concentraciones promedio de los estanques D6 de la granja D y Eb3 de la granja E presentan diferencias estacionales, y es que sólo en estos dos casos, el ciclo p-v concluyó antes de que las lluvias dieron inicio en la región y el ciclo o-i, comenzó casi inmediatamente después que el período de lluvias empezara (el primer muestreo con lluvia se realizó el día 7 de julio de 1993).

7.1.11. Fósforo particulado

El fósforo particulado es la fracción en la que generalmente se encuentra de manera más importante el fósforo en el agua, principalmente en las células fitoplanctónicas (Boyd, 1985), razón por la cual no es de extrañarse que siga patrones similares a los que se presentan en el fitoplancton, es decir, en nuestro caso, a los que muestren las concentraciones de pigmentos fotosintéticos.

En las figuras 12.C, 12.D, 12.E y 12.S se muestran las fluctuaciones de los niveles de fósforo particulado respecto al tiempo transcurrido en el cultivo para ambos ciclos. En ellas se puede apreciar que el comportamiento de este nutriente es casi el mismo que el que presentó el fósforo total ya descrito con anterioridad, lo cual podría haberse previsto debido a que el particulado contribuye con porcentajes considerables del fósforo total.

Se esperaba que, de conformidad con los hallazgos de Boyd (1985) comentados anteriormente, sus variaciones pudieran ser relacionadas con las de los pigmentos fotosintéticos que se describen más adelante. De hecho esta suposición se cumple en la granja D durante p-v y o-i, y para la granja E durante el primer ciclo, en los cuales las concentraciones de fósforo particulado muestran una tendencia al incremento conforme avanza el ciclo de cultivo. Lo mismo puede comentarse en el caso de las granjas C y S cuyas concentraciones de fósforo particulado más bien tienden a disminuir contrarias en relación al tiempo transcurrido, lo cual sucede también en términos generales con sus niveles de pigmentos fotosintéticos que se describen más adelante.

En lo referente a la comparación de concentraciones medias entre los sitios de muestreo para cada granja y ciclo de cultivo en particular, durante p-v sólo se cuenta con evidencia estadística que sugiere que las concentraciones de fósforo particulado en el estanque Ea2 de la granja E son significativamente distintas a las de su canal de llamada; en todos los demás casos, los resultados ofrecidos más bien hacen pensar que los niveles promedio para todas las estaciones en cada granja son estadísticamente comparables.

Adicionalmente, ya que los resultados de la comparación de medias para cada sitio de muestreo considerando el ciclo de cultivo, muestran diferencias solo en uno de los dos estanques de cada granja, es factible suponer que las diferencias estacionales estadísticamente significativas encontradas en las concentraciones promedio de fósforo total, se deben más bien al manejo individual de cada granja, basadas en las necesidades detectadas de cada sistema en particular.

Parámetros de contribución orgánica

7.1.12. Clorofilas

La presencia y metabolismo de las comunidades fitoplanctónicas en los estanques tienen especial importancia para el estudio de la calidad del agua en los sistemas de cultivo debido a que afectan virtualmente todos los aspectos relacionados con el ambiente. Las complejas relaciones entre el florecimiento fitoplanctónico y la físico-química del agua incluyen efectos sobre las concentraciones de oxígeno disuelto-dióxido de carbono y pH; efectos en el balance de nutrientes minerales (particularmente nitrógeno) y cambios en la calidad del agua relacionados con la periodicidad de la abundancia fitoplanctónica (Tucker, 1985). El fitoplancton absorbe sustancias deletéreas, produce materia orgánica y oxígeno disuelto, pero además, crea turbiedad en el agua (Boyd y Fast, 1992). La luz que pasa a través del agua del estanque es rápidamente extinguida y la tasa de extinción se incrementa con la cantidad de material particulado en el agua. Por tanto, el florecimiento fitoplanctónico también reduce la penetración de luz y a mayor densidad de fitoplancton, menor luz disponible para fotosíntesis a una profundidad dada (Tucker, 1985).

Conocer la magnitud de la biomasa fitoplanctónica es de suma importancia en el cultivo de organismos acuáticos, ya que representa el alimento que estará disponible para los consumidores primarios, e indirectamente puede determinar a su vez la disponibilidad de alimento para los demás niveles de la red trófica del sistema. Uno de los parámetros más frecuentemente utilizado para estimar la biomasa fitoplanctónica es la concentración de clorofila, debido a la relativa sencillez de la determinación, la cual permite realizar un número grande de determinaciones sobre amplias escalas de espacio (Merino, 1992).

La concentración de clorofila "a" (como indicador de biomasa fitoplanctónica) muestra un patrón estacional distintivo; su patrón de crecimiento es respuesta directa a la radiación, temperatura y cantidad de nutrientes que alcanzan el estanque. Asimismo, conforme se incrementan las dosis de alimento en respuesta al crecimiento de los organismos cultivados, alcanzan mayor cantidad de nutrientes el agua provocando una mayor concentración de fitoplancton (Tucker, 1985).

Las figuras 13 (C, D, E y S) muestran los niveles de concentración de clorofila "a" en función de las semanas de cultivo. Durante los ciclos p-v y o-i, las granjas D y E, aún cuando muestran niveles de concentración distintos (bastante menores en la primera), los valores registrados en ambas exhiben una tendencia directamente proporcional con respecto al tiempo, lo cual se repite para el caso de las clorofilas b y c, que se presentan en las gráficas 14.D. y 15.D. respectivamente, para el caso de la granja D, y 14.E. y 15.E. correspondientemente, para la granja E. Lo anterior puede ser explicado como parte del proceso de eutroficación que sufren las

estanquerías hacia finales del ciclo de cultivo, en respuesta al aumento en la concentración de algunos nutrientes, como el nitrógeno amoniacal, que ocurre a lo largo del ciclo y que propician el crecimiento fitoplanctónico.

No obstante lo anterior, cabe hacer notar que a pesar de este tan comentado enriquecimiento nutritivo, solo durante el ciclo o-I es posible contar con evidencia estadística de diferencias entre las concentraciones de estos pigmentos fotosintéticos de los canales de ingreso y de la estanquería en las dos granjas, en tanto que durante el ciclo p-v, no es posible diferenciar estadísticamente las concentraciones promedio respectivas.

En el caso de la granja C, para ambos ciclos de cultivo, los niveles de concentración iniciales de clorofila "a" son ligeramente superiores a los registrados a finales del ciclo de cultivo, aunque durante su desarrollo, los valores fluctúan continuamente y con una tendencia a incrementarse, sin mostrar una dependencia clara con respecto al tiempo transcurrido. Lo anterior puede observarse de igual forma en las gráficas 14.C. y 15.C. que muestran los valores de concentración de clorofila b y de clorofila c, respectivamente.

Desafortunadamente no se cuenta con datos confiables y detallados acerca del tipo y proporciones de fertilizante utilizados para preparar y enriquecer el medio de cultivo en las granjas estudiadas. En términos generales, sólo se sabe que la granja S no utilizó recurrir a esta técnica de suministro de nutrientes; que la granja D utilizó abono seco y fermentado antes de llenar la estanquería y alternó con fertilizantes inorgánicos después de llenarla; que la granja E añadió urea y fósforo después de llenar las piscinas y que la granja C añadió mezclas de urea y fósforo antes y después de inundar los estanques.

Quizá debido a este procedimiento de fertilización inicial en el ciclo o inclusive debido a la acumulación de residuos de degradación del alimento no consumido que, tal como se esperaba, los niveles de clorofilas en la estanquería de la granja C fueron estadísticamente superiores a los detectados en las aguas del canal de llamada para los dos ciclos de cultivo; particularidad que sólo se presentó en la granja C, donde las concentraciones promedio de los estanques son de manera consistente significativamente distintas al nivel medio de estos pigmentos fotosintéticos en las aguas de ingreso. Tal vez esto se deba a las diferencias, ya comentadas arriba, que tienen los granjeros al manejar la estrategia de adición de nutrientes al sistema de cultivo.

En relación a la granja S, para el primer ciclo, el comportamiento de las concentraciones de clorofilas a, b y c (en las figuras 13.S., 14.S. y 15.S), es similar al descrito para la granja C; sin embargo, para el ciclo o-I, en el caso particular de la clorofila "a" en el estanque S8, se aprecia una tendencia definida a aumentar conforme avanza el ciclo de cultivo, tendencia que no se cumple en los niveles de las clorofilas b y c, que más bien presentan un comportamiento irregular.

Al igual que las granjas D y E, las concentraciones medidas de los pigmentos fotosintéticos en los estanques de esta granja, son significativamente distintas a las de las aguas de ingreso sólo en el ciclo otoño invierno; durante el ciclo p-v, estadísticamente son iguales.

En la búsqueda de diferencias estacionales en las concentraciones medias de estas variables para los sitios de muestreo considerados, se encontró que en las granjas D, C y S únicamente uno de los estanques presentó diferencias significativas en sus niveles medios relacionadas con el ciclo de cultivo, en tanto que en el caso de la granja E, esta diferenciación también es posible observarla en el agua de ingreso, lo cual pudiera deberse a la adición de agua subterránea para regular los cambios de salinidad que se presentan durante el ciclo de cultivo, que son más importantes en el ciclo p-v.

7.1.13. Sólidos suspendidos totales y pérdidas por ignición

Ya que los camarones son producidos en estanques salobres, el agua usada para llenar los estanques tiene una carga considerable de sólidos suspendidos. Estos sólidos consisten en partículas de suelo y partículas de materia orgánica mantenida en suspensión por turbulencia. El origen de las partículas de suelo suspendidas está relacionado directamente con la erosión en las cuencas de drenaje de los cuerpos de agua respectivos. La deforestación y las pobres técnicas de manejo de suelo en la agricultura son las causas principales de la erosión acelerada. Luego que las aguas procedentes de los canales o ríos son bombeadas al interior de los estanques, la turbulencia decrece y los sólidos suspendidos se asientan; así, altas concentraciones de sólidos sedimentables en agua de ingreso al estanque provocan altas tasas de sedimentación en los estanques. Sobre el tiempo, este proceso causará que los estanques se llenen con sedimentos, se vuelvan más someros y se ocasiona inclusive la destrucción de organismos bentónicos (Boyd y Fast, 1992). Los sedimentos frecuentemente llenan un gran contenido de materia orgánica y la degradación de esta materia orgánica por las bacterias pueden provocar una mayor demanda de oxígeno (Boyd, 1989), de ahí la importancia de su determinación analítica.

El agua también contiene material disuelto y particulado que no se asentará. Este material con frecuencia es principalmente orgánico y se deriva del contacto de escorrentía con remanentes vegetativos, de producción fitoplanctónica en el agua y de la contaminación. La materia disuelta y particulada también ejerce una demanda de oxígeno (Boyd, 1989).

En las figuras 16.C., 16.D., 16.E. y 16.S., se muestran los valores de concentración registrados para los sólidos suspendidos totales en relación con las semanas de cultivo. Para el ciclo p-v, en las granjas E y D, los valores muestran una franca tendencia a incrementarse con respecto al tiempo transcurrido de cultivo, como debiera esperarse, a consecuencia de la acumulación de desechos orgánicos y alimento no consumido; sin embargo, para las granjas S y C, esta tendencia

no es tan clara, aunque los valores iniciales de concentración de sólidos suspendidos totales sí son menores a los alcanzados hacia finales de ciclo, pero a lo largo de éste, los valores fluctúan haciendo parecer que más bien disminuyen las concentraciones conforme pasa el tiempo.

De la prueba de comparación de medias entre los sitios de muestreo de cada granja estudiada, encontramos que efectivamente, durante el ciclo p-v, la concentración de sólidos suspendidos totales en los estanques de las granjas D, E y C son significativamente superiores a las de sus aguas de suministro, de conformidad con lo esperado. No obstante, para la granja S no se encontró evidencia estadística que permitan establecer una diferenciación contundente entre los niveles de esta variable al ingreso y la salida de la granja; es decir, tal parece que el agua si bien no recibe un tratamiento depurador en el interior de los estanques, tampoco es importantemente retribuida con desperdicios sedimentables durante el tiempo que permanece dentro de las instalaciones de cultivo.

Respecto al ciclo o-i, en la granja D es posible observar que los valores de los SST en los estanques se relacionan directamente con los detectados en el agua de suministro, cuyos niveles se encuentran casi siempre por debajo de 40 mg/l, excepto en las fechas comprendidas en el periodo de lluvias del mes de noviembre de 1993. De hecho, de la prueba de comparación de medias entre estanques y canales de ingreso, sólo el estanque D6 muestra una ligera diferencia estadísticamente significativa entre sus concentraciones de sólidos suspendidos totales y las del agua de suministro D1.

En lo que concierne a las granjas C y E, los niveles detectados de SST no presentan un patrón de comportamiento definido para ninguno de los sitios de muestreo, en cambio sí son consistentes y significativamente diferentes sus valores promedio respecto a las concentraciones de sus respectivas aguas de suministro. En contraste, los niveles de concentración de sólidos suspendidos totales en los estanques de la granja S, muestran una ligera tendencia al incremento respecto al tiempo, pero que aparentemente se originan desde el canal de ingreso, ya que las concentraciones promedio en ambos estanques (S8 y S18) son estadísticamente indiferenciables.

En relación a las diferencias estacionales detectadas para los niveles promedio de concentración de sólidos suspendidos totales en los sitios de muestreo de cada granja, únicamente en la granja D se halló evidencia estadística consistente para los dos estanques y el canal de llamada, de que este parámetro presenta variación estacional. Para la granja S, sólo el estanque S8 presenta este tipo de resultados y en las granjas E y C, no se cumple para ninguno de los puntos estudiados.

Para el caso de la granja D, es posible que estas diferencias sean el resultado de la movilización de sólidos con el incremento en las tasas de recambio (y por tanto de la dinámica de

los cuerpos de agua), ya que durante el ciclo más caluroso del año los niveles promedio son más altos; adicionalmente, en este ciclo las altas temperaturas ambientales pueden provocar mínimos de concentración de oxígeno que, en el caso de la granja D, son contrarrestados con el uso de aeradores aún durante el día, lo cual promueve la dispersión de las partículas sedimentables en el estanque. Por otro lado, la evaporación que sufren los cuerpos de agua durante el período crítico de temperatura de este ciclo, hace que los constituyentes en el cuerpo de agua natural se concentren y aparezcan incrementos en los niveles de partículas suspendidas en el medio.

En el caso de la granja S, vale la pena mencionar que para el ciclo 0-1, el estanque S18 pareciera haber funcionado como un estanque de sedimentación en el interior de la granja, ya que sus niveles de SST son considerablemente menores a los del agua de ingreso de ese ciclo y también respecto al del ciclo anterior p-v.

Por último, cabe destacar que de acuerdo a Wang (1990), el agua de estanques camaronícolas típica contiene 14-220 mg/l de sólidos suspendidos, y en ninguno de los sitios de muestreo considerados en este estudio, se rebasó la concentración de 156 mg/l.

Respecto a la estimación de la materia orgánica particulada, realizada a través del método de pérdidas por ignición, los valores registrados durante los dos ciclos estudiados se presentan en función del tiempo en las figuras 17.C., 17.D., 17.E. y 17.E. Para todos los cuerpos de agua estudiados, las PPI se presentan como un reflejo de las concentraciones de sólidos suspendidos ya descritas con anterioridad. Asimismo, la diferencias estadísticamente significativas halladas entre las estaciones de muestreo en cada granja, son las mismas que se encontraron para los sólidos suspendidos totales ya mencionadas arriba; a excepción de una diferencia encontrada para el estanque S8 y el canal de Ingreso Si en el ciclo p-v.

Las diferencias estacionales detectadas en los promedios de los sitios de muestreo para esta variable incluyen a los dos estanques de las granjas D y C, así como al estanque Eb3 de la granja E; esto es, aparentemente en el caso de la granja D, las diferencias encontradas en los estanques preponderantemente se deben a la contribución de materia orgánica, pero no así para el canal de llamada, que más bien pareciera se debe a la presencia de otro tipo de material particulado.

7.1.14. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida del contenido de materia orgánica total en el agua. Los desechos metabólicos (que se producen en proporción a la tasa de alimentación) y la producción autotrófica son las fuentes principales de materia orgánica en los estanques de cultivo. La producción primaria por fitoplancton puede contribuir por sobre el 75% de la materia orgánica producida en los estanques (Boyd, 1985), lo cual explica las variaciones

estacionales en las concentraciones promedio de este parámetros, al igual que los afloramientos fitoplanctónicos.

En las figuras 18.C., 18.D., 18.E. y 18.S., se muestran las gráficas que relacionan las variaciones de DBO con respecto al tiempo. En general para las cuatro granjas estudiadas en los ciclos p-v y o-i, la demanda bioquímica de oxígeno se incrementa conforme avanza el cultivo, como debiera de esperarse en razón al incremento de la biomasa y las dosis de alimentación hacia fines del ciclo, aunque esta tendencia es más clara para S y D, que para C y E, que muestran máximos y mínimos considerables durante todo el ciclo, especialmente el estanque EA2 de la última granja, que inicia el ciclo con niveles de DBO mayores a los registrados para finales de temporada.

Merece la pena hacer notar que, en general, los niveles de DBO encontrados en los canales de ingreso para las cuatro granjas, son menores a los alcanzados por los estanques respectivos, lo cual se confirma de cierto modo con los resultados de la prueba de diferencia de medias, los cuales presentan diferencias estadísticamente significativas en todas las granjas, entre los canales de llamada y los estanques estudiados, en ambos ciclos de cultivo.

En relación a las diferencias estacionales evaluadas en cada sitio de muestreo para esta variable, sólo se halló evidencia estadísticamente significativa de que las medias del estanque C8 de la granja C y el canal de ingreso S1 de la granja S sean distintas. Para todos los demás casos, en cada granja en particular, pareciera ser que los promedios alcanzados en sus sitios de muestreo entre ciclos, son estadísticamente indistinguibles.

Por último, de acuerdo a Wong (1992), un DBO_5 de 5 ppm (3.5 ml/l) se considera de calidad dudosa. En nuestro estudio, las mediciones de DBO están hechas en base a un periodo de 48 horas (DBO_2) y los niveles máximos alcanzados corresponden a los estanques de las granjas E y S, con niveles promedio que van desde 3.85 ml/l para el estanque Eb3 en el ciclo p-v, hasta 4.92 ml/l en el mismo estanque durante el ciclo o-i. No obstante, es necesario aclarar que estos valores no tienen importancia por sí mismos, sino porque representan un incremento de 188 a 200% sobre el nivel correspondiente en el agua de suministro al ingresar a la granja.

Un dato curioso que bien vale la pena mencionar es el correspondiente al estanque S18 durante el ciclo o-i, cuyo nivel medio de DBO_2 es de 2.11 ml/l, que equivale al 45% del valor con que el agua ingresó a la granja en el mismo periodo. Esto se debe a que por razones ajenas a nuestro conocimiento, el estanque en cuestión no recibió el manejo típico de los estanques de cultivo: no se le suministró alimento, no se le hicieron recambios de agua y se desconocen igualmente los datos de la densidad de siembra. No obstante, es importante hacer notar que bajo estas características, el estanque funcionó como una especie de laguna de sedimentación, es

decir, cómo una planta de tratamiento para el agua de desecho de la granja, si bien muy primitiva, considerablemente eficiente.

7. 2. Relación entre los parámetros de calidad de agua

Con el objeto de identificar las relaciones que guardan entre sí los parámetros estudiados se realizó un análisis de correlación de acuerdo al método de Pearson (Daniel, 1980), utilizando la herramienta estadística de Microsoft Excel. Los coeficientes de correlación (r) estadísticamente significativos fueron seleccionados de conformidad con la prueba de t -Student al 95% de probabilidad (Miller y Miller, 1986) y los resultados se introducen de manera resumida, para las cuatro granjas en su conjunto, en la tabla 10. De la información obtenida, se presentan a continuación las observaciones más sobresalientes.

7.2.1. Temperatura

En las cuatro granjas objeto de este estudio, en ambos ciclos de cultivo, se encontraron correlaciones positivas entre la temperatura del agua de suministro y la temperatura del agua de al menos uno de sus respectivos estanques; con lo cual se manifiesta una relación estrecha entre la temperatura de los estanques y la temperatura del agua de suministro, aún a pesar del calentamiento que sufren las aguas de los estanques en su encierro, debido a las temperaturas ambientales, aún cuando los canales de ingreso mantienen una mayor dinámica.

La temperatura del agua de suministro mostró correlaciones negativas con el pH de los estanques, al igual que la temperatura de los mismos estanques y su pH, en las granjas D y E, en el ciclo p-v; no obstante, durante el ciclo o-i, para la misma granja E y ahora también la granja C, la relación temperatura del agua de suministro y pH de los estanques, así como temperatura y pH de los propios estanques, más bien presentan correlaciones positivas. Esto se debe seguramente a una relación indirecta que puede explicarse si se considera que, a lo largo de un año las condiciones climáticas de la región van generando dos tipos de tendencia distintos en la temperatura, que son las que caracterizan a los dos ciclos de cultivo estudiados: en p-v, la temperatura tiende a incrementarse conforme transcurre el periodo analizado y, en o-i, más bien se da un comportamiento inverso; no obstante, en los dos casos el pH tiende a decrecer con el ciclo debido a la presencia acumulativa de desechos orgánicos en el agua del sistema, lo cual propicia una aparente correlación pH-temperatura distinta para cada periodo estudiado.

En cualquiera de los casos, estas relaciones más bien deben considerarse como de tipo circunstancial, ya que la influencia que pudiera tener la temperatura sobre las variaciones de pH a lo largo del ciclo de cultivo es despreciable frente a otras determinantes más contundentes como los niveles de CO_2 en el medio.

En relación a los gases disueltos en el agua considerados en este trabajo, la temperatura del agua de uno de los estanques de la granja S y de la granja E, mostraron correlación positiva con el oxígeno disuelto (OD) del estanque respectivo en el ciclo p-v; asimismo, durante el ciclo o-i, se repitió esta relación entre la temperatura del agua de suministro y el OD de los estanques de la granja E y la granja C, así como entre la temperatura de los estanques y sus respectivos niveles de OD. Adicionalmente, se encontró correlación directa entre la temperatura del agua del canal de llamada y los niveles de concentración de amonio correspondientes durante el ciclo o-i. En todos los casos surge la incongruencia respecto a la relación que guardan la temperatura de un sistema y sus niveles de gases disueltos, en el sentido de que a mayor temperatura, la concentración de los gases disueltos en el medio tiende a disminuir ya que se volatilizan, en nuestro caso, para todas las relaciones consideradas, la correlación más bien se presenta directamente proporcional: a mayor temperatura, mayor concentración de gases. Pero, como se mencionara en párrafos atrás, lo que posiblemente está originando este tipo de correlaciones son causas indirectas, que pueden tener que ver con que conforme transcurre el tiempo, la temperatura en p-v tiende a incrementarse y asimismo las concentraciones de biomasa fitoplanctónica (estimadas a través de los pigmentos fotosintéticos) y por ende, la producción de oxígeno disuelto en las horas de luz, lo cual hace parecer que el comportamiento en función del tiempo de los dos parámetros, temperatura y oxígeno disuelto, están ligados. Por otro lado, para el ciclo o-i, en el canal de ingreso EI, la temperatura y las clorofilas, entre marcadas fluctuaciones, presentan una ligera tendencia a disminuir a lo largo del cultivo, correspondientemente con los niveles de oxígeno disuelto, lo que da como resultado una correlación, que aunque se ha probado estadísticamente significativa, no por ello es menos fortuita.

En cuanto a la relación de la temperatura con el parámetro de la salinidad, en el ciclo p-v se encontraron correlaciones positivas para los cuerpos de agua de la granja S e incluso en uno de los estanques de la granja C, de acuerdo a lo esperado, ya que con incrementos de la temperatura, las tasas de evaporación y, por consiguiente, los niveles de concentración de sales disueltas también se incrementan. No obstante, para la granja D, la temperatura del agua de los estanques presenta correlaciones negativas con los valores correspondientes de salinidad, lo cual puede ser explicado debido a que su canal de abastecimiento cuenta con aportes controlados de agua dulce, de tal suerte que el impacto que estos influjos producen sobre la salinidad de los sistemas, hace parecer que la salinidad de estos decreciera conforme avanza el ciclo de cultivo, aunque lo que en realidad sucede es que se tratan de conservar las condiciones salobres de los estanques a pesar de la evaporación que sufren los mismos a lo largo de un período de cultivo.

Durante el ciclo o-i, los cuerpos de agua de las granjas C y S, así como los canales de ingreso de D y E, muestran correlaciones negativas entre la temperatura y la salinidad, explicable como

una respuesta al aporte inicial de las lluvias cuando la temperatura de la región es más alta y el cese de las mismas cuando el clima es menos cálido.

Se hallaron también correlaciones estadísticamente significativas, en su mayoría directamente proporcionales, entre la temperatura y otros parámetros como DBO, SST, PPI, NO_2 , fósforo total, fósforo particulado y los pigmentos fotosintéticos, principalmente durante el ciclo p-v y de manera más consistente en las granjas intensivas D y E. Lo anterior se debe, seguramente de manera indirecta, al hecho de que conforme transcurren los días de cultivo en este período, aumenta la temperatura ambiental y también, debido al almacenamiento del agua y al manejo propio de estos sistemas, se incrementan paulatinamente las concentraciones de la mayoría de los parámetros mencionados. Además, en el caso particular de los pigmentos fotosintéticos, de acuerdo a Tucker y van der Ploeg (1993), aseguran que la abundancia fitoplanctónica en cráteres de bagre además de estar directamente relacionada con la carga nutricional (suministro alimenticio) y la radiación solar, depende importantemente de la temperatura del agua.

7.2.2. pH

Esclarecer la relación del pH con el resto de los parámetros evaluados resulta un tanto complicado, ya que es una variable muy determinante en el medio, que está regulada por el equilibrio ácido-base en el agua, particularmente basado en el sistema carbonatos. No obstante, sus fluctuaciones pueden ser también explicadas como consecuencia del balance de las tasas de respiración (R) y fotosíntesis (F) en los cuerpos de agua. Así, cuando el proceso de respiración (incluido el consumo de oxígeno por descomposición de la materia orgánica) tiende a dominar el balance F/R de una masa de agua, los niveles de CO_2 se incrementan provocando una disminución en los valores de pH; de igual forma, con el transcurso del ciclo de cultivo, la tasa F/R de los estanques de cultivo de las granjas camaroneras, va cediendo hacia valores menores a uno, con la consecuente y progresiva disminución de los niveles de pH, que además por lo general, se presenta acompañada del incremento en los niveles de variables relacionadas con la acumulación de desechos orgánicos, alimento no consumido y fertilizantes no aprovechados, como DBO, PPI, fósforo total, nitratos y pigmentos fotosintéticos. Considerando lo anterior, en nuestro estudio se hicieron evidentes algunas de estas relaciones durante el ciclo p-v, puesto que se hallaron correlaciones negativas entre el pH y las variables DBO, SST, PPI, NO_2 , fósforo total, fósforo particulado y clorofila "a" en las granjas D y E.

No obstante, de manera contraria a lo esperado, igualmente se encontraron correlaciones positivas entre el pH de algunos de los cuerpos de agua en las granjas C y S y sus niveles de DBO, PPI, NO_2 y fósforo total durante los dos ciclos de cultivo. Además, durante el ciclo o-i, todas las correlaciones encontradas entre los pigmentos fotosintéticos y el pH, fueron también positivas

para todos los casos en las cuatro granjas, lo cual pareciera no ser un evento anormal, ya que Hopkins *et al* (1993) comentan resultados similares en su estudio de calidad de agua en estanques intensivos de camarón y los explican en base a cambios en el grado de iluminación solar (que va cambiando con los meses del año y provoca variaciones graduales en la duración de las horas de luz en el día) y la abundancia fitoplanctónica. Esto es, con el transcurso del tiempo, en los meses de otoño e invierno, se reduce el número de horas de luz al día, lo cual mema también la actividad fotosintética de los fotótrofos y por tanto los niveles de concentración de pigmentos fotosintéticos tienden a reducirse por igual; los valores de pH, conforme se acumulan en el cuerpo de agua los desechos orgánicos de la biota, también se reducen, originando una aparente e inusitada interrelación directamente proporcional entre sus niveles y los de la biomasa fitoplanctónica.

En nuestro caso y en relación a la granja C, también pudieran considerarse dos aspectos que quizá provean de otra explicación a este comportamiento: por un lado, durante los dos ciclos de cultivo los valores de pH presentan una tendencia más bien ligera a disminuir conforme avanza el ciclo; y por otro, para ambos ciclos de cultivo, los niveles de concentración iniciales de clorofila "a" son ligeramente superiores a los registrados a finales del ciclo de cultivo y, aunque con una tendencia a incrementarse, estos niveles no muestran una dependencia clara con respecto al tiempo transcurrido. Esto es, el hecho de que aparezca una imprevista relación directamente proporcional entre el pH y la concentración de pigmentos fotosintéticos pudiera ser eventual consecuencia de que ambos parámetros igualmente presentaron patrones inesperados en relación al tiempo de cultivo durante los dos ciclos estudiados. En lo que se refiere a la granjas S y E, cabe aclarar que el cuerpo de agua que muestra este tipo de comportamiento es el canal de llamada, de modo que es comprensible que no se comporte de forma análoga a un cuerpo de agua encerrado como un estanque y por tanto, los parámetros que nos ocupan no presenten las tendencias habituales para este tipo de sistemas.

Respecto a la granja D, en cuyo estanque D6 se presenta también este tipo de anomalía, pese a que durante los dos ciclos, los valores de pH presentan una ligera tendencia a disminuir conforme avanza el ciclo y que durante los ciclos p-v y o-i, los valores exhiben una tendencia directamente proporcional con respecto al tiempo, la respuesta pudiera estar en que la relación positiva que se halló está establecida entre el pH del agua de suministro y la concentración de la clorofila "a" en dicho estanque, lo cual hace que esta relación además de rara, es un tanto indirecta.

Por último, cabe mencionar la correlación positiva encontrada entre el pH y el oxígeno disuelto, en algunos de los cuerpos de agua de las cuatro granjas objeto de estudio durante los dos ciclos,

relación de antemano esperada y que podría explicarse con los mismos argumentos utilizados antes para sustentar la relación entre el pH y la concentración de clorofilas a, b y c, basados en los cambios en el grado de iluminación solar; o bien, haciendo referencia a las variaciones en los valores de pH que se generan de acuerdo al cambio en la tasa F/R. No obstante, en el caso que nos ocupa, los cambios detectados en los niveles de oxígeno disuelto no presentaron relación alguna con el avance del ciclo de cultivo; especialmente en el caso de las granjas D y E, que como ya se ha mencionado anteriormente, cuentan con equipo de aereación y por tanto, es más factible que estas correlaciones, como ya se ha especulado en otras ocasiones previas, tengan un origen más bien de tipo incidental.

7.2.3. Oxígeno disuelto

De las relaciones que se observaron entre los niveles de oxígeno disuelto y los demás parámetros estudiados, destacan por su factibilidad de explicación las correlaciones presentadas entre los niveles de OD del agua de suministro y al menos uno de los estanques de las granjas C, D y S, durante el ciclo o-i, las cuales nos permiten pensar que las tasas de calentamiento y evaporación del agua en la estanquería durante este ciclo no fueron lo suficientemente determinantes para influenciar los niveles de este gas disuelto, sino que más bien estos niveles, por lo menos durante el lapso estudiado del día, son un reflejo de los niveles con que se presentaba el agua al momento de ingresar a la granja.

En el estudio del comportamiento del oxígeno disuelto en un cuerpo de agua donde idealmente no intervienen factores adicionales como la temperatura, se presume que el incremento de parámetros como la salinidad generalmente provoca una reducción en la solubilidad de los gases en el sistema; sin embargo, en las estanquerías y canales de suministro de las estanquerías camarónicas, dado que participan factores combinados que también influyen en la definición del comportamiento del oxígeno disuelto a lo largo de un ciclo de cultivo, tales como la tasa F/R, que a su vez depende de la hora del día y de la carga orgánica, bien podría esperarse que la primera suposición planteada no se cumpla en nuestro caso. No obstante, los eventos se encuentran divididos: por una parte, se encontraron correlaciones positivas entre la concentración de OD en las aguas de suministro de la granja S y los niveles de salinidad de uno de sus estanques y el mismo canal de llamada durante el ciclo p-v; y, por otra, correlaciones negativas entre la concentración de OD del agua de ingreso de la granja E y la salinidad del propio canal de ingreso y uno de los estanques, durante el ciclo o-l.

En el caso de la granja S, la salinidad en sus cuerpos de agua durante el ciclo p-v muestra una tendencia al incremento conforme avanza el ciclo; no obstante, el comportamiento los niveles de oxígeno disuelto, al igual que en la granja E y las demás granjas, no pareciera estar influido por el

curso del cultivo, por lo cual más bien esta correlación bien podría ser un evento fortuito; lo mismo ocurre en el caso de la granja E, donde la salinidad, aunque muestra una ligera tendencia a aumentar con el paso del tiempo, las oscilaciones durante el periodo estudiado son evidentes que junto con la incertidumbre sobre la tendencia del oxígeno disuelto, dan como resultado una correlación que aunque esperada, no es menos casual.

Puesto que los niveles de OD en el presente trabajo corresponden a muestreos diarios (entre las 7:00 y 15:00 h), su comportamiento está entonces mejor definido por la actividad de la biomasa de fotótrofos, que por la la salinidad del agua o la carga orgánica (PPI y DBO). De modo que, aún cuando se observaron correlaciones positivas entre: OD y DBO durante el ciclo p-v en las granjas S y E y en el ciclo o-i en la granja S; OD y SST durante el ciclo p-v en la granja E y durante el ciclo o-i en la granja C; y, DBO y PPI en el ciclo p-v en la granja E y en el ciclo o-i para las granjas C y S; todas estas relaciones pueden ser mejor explicadas en base a los niveles de biomasa presentes en el momento de la medición. Esto es que si bien pareciera haber una concurrencia entre los niveles de DBO, SST y PPI y las concentraciones de OD es que la muestra fue tomada a la hora de mayor producción fotosintética, y por ello, conforme las poblaciones fitoplanctónicas se hacían más grandes (mayores niveles de concentración de clorofilas) y por ende los niveles de OD en las horas de luz, también se acumulaba la materia orgánica y había un consumo de oxígeno equivalente debido a la descomposición de la materia orgánica. Adicionalmente, en los canales de llamada y al menos uno de los estanques de las granjas S y C, así como en la granja E, se encontraron correlaciones positivas entre las concentraciones de pigmentos fotosintéticos y los niveles de oxígeno disuelto, en uno u otro de los ciclos de cultivo estudiados.

También se encontraron correlaciones negativas entre OD y los SST en el canal de ingreso Ci de la granja C y el estanque D8 de la granja D; al respecto, Maatiw *et al* (1989), comentan que la presencia de grandes cantidades de sólidos suspendidos, provoca la disminución de la transparencia del agua y reduce los niveles de oxígeno disuelto debido a la descomposición de la materia orgánica.

Otra interesante relación observada en las granjas respecto a los niveles de OD, es la que se presenta en forma inversamente proporcional con las concentraciones de amonio; misma que se hizo evidente en el canal de suministro Di en los dos ciclos de cultivo, y en el canal Ei y el estanque S8, durante el ciclo p-v y o-i respectivamente.

La relación inversa entre el OD y las concentraciones de amonio es consecuencia del balance redox del sistema, que cuando se inclina hacia condiciones oxidantes (con niveles altos de oxígeno) el amonio es inestable y tiende a oxidarse a NO_2 y/o NO_3 , mientras que con redox reducidos (con niveles bajos o nulos de oxígeno) los NO_2 y NO_3 tienden a convertirse a $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$.

incrementándose la concentración de este último (Stumm y Morgan, 1981). Adicionalmente, el metabolismo de la capa superficial de los sedimentos contribuye de manera significativa aportando nutrientes; en el caso particular del amonio, este se libera desde los sedimentos cruzando la interfase agua-sedimento en periodos de anoxia.

Adicionalmente, también se observaron correlaciones significativas entre el oxígeno disuelto y las concentraciones estimadas de compuestos nitrogenados; así, OD y NO_2 se muestran en relación directamente proporcional en el periodo o-i en la granja C y en el estanque Eb3 en ambos ciclos; mientras que en el canal de suministro de la granja C, en el ciclo p-v, esta correlación es inversa. Algo similar sucede con los NO_3 , que presentan correlaciones negativas con OD en el canal de ingreso de la granja E y en una forma indirecta, canal de ingreso-estanques, en las granjas S y C, durante el ciclo p-v, pero muestran relaciones positivas en el canal de llamada de la granja C y el estanque Eb3 de la granja E en el periodo o-i. Las correlaciones directamente proporcionales son explicables de acuerdo a las consideraciones de Tucker y van der Ploeg (1993) que establecen que el incremento en los niveles de oxígeno disuelto permite que el proceso de nitrificación (paso de amonio a nitratos), se realice más rápidamente y por tanto las concentraciones de nitritos y nitratos se incrementan sin dilución. El caso de las correlaciones negativas podrían ser explicadas considerando que, con la oxidación de la materia orgánica es posible que se presente un agotamiento en los niveles de OD, pero existe un punto intermedio en el estado redox del sistema en el que todavía es posible la liberación de los nitratos hacia el medio vía la oxidación orgánica, pero en que también, de manera simultánea, los nitratos están empezando a ser convertidos en amonio debido al cambio en las condiciones redox de la columna de agua. Sin embargo, también existe la posibilidad de que pudieran ser el resultado de un evento fortuito, ya que en general, tanto los nitritos y nitratos como el oxígeno disuelto tuvieron un comportamiento sin tendencia determinada respecto al avance del ciclo de cultivo.

Se observaron correlaciones negativas entre el OD y el fósforo disuelto del canal de ingreso de la granja S en el ciclo p-v y en el estanque S18 en o-i, así como una correlación positiva en el periodo o-i en el canal de ingreso de la granja E y su estanque Eb3; asimismo, se hallaron correlaciones positivas entre los niveles de OD y las concentraciones de fósforo total y de fósforo particulado en los estanques de la granja C en el segundo ciclo de cultivo, así como en el estanque Eb3 durante el periodo p-v; mientras que en el periodo o-i, el estanque Ea2 mostró correlaciones del orden contrario. Las correlaciones positivas pudieran explicarse en base a la relación encontrada en este estudio y que se discute más adelante, entre los niveles de fósforo total y particulado y las concentraciones de pigmentos fotosintéticos, como indicadores de biomasa fitoplanctónica, de tal forma que: a mayor concentración de fósforo total y particulado, mayor concentración de pigmentos fotosintéticos, que a su vez redundan en un mayor nivel de

oxígeno disuelto en el sistema. Las correlaciones inversamente proporcionales pueden ser analizadas en base a los procesos fisicoquímicos que se presentan en la interfase agua-sedimento, tales como la precipitación y la adsorción, o la disolución y la desorción en los sedimentos del fondo de las estanquerías, cuya habilidad para capturar, remover o en su caso hasta liberar fósforo disuelto es bien conocida. Estos procesos están regulados de manera importante por las condiciones redox del ambiente y en términos generales, a menor nivel de concentración de OD en el sistema, se incrementa la liberación de fósforo reactivo desde los sedimentos, lo que trae por consecuencia un aumento en la concentración de este nutriente en las aguas de los estanques (Stumm y Morgan, 1981).

7.2.4. Salinidad

En los dos ciclos de cultivo estudiados, se presentaron correlaciones positivas entre la salinidad de los canales de ingreso de las granjas C, D y S y al menos uno de sus respectivos estanques, lo cual indica que pese a la diferencia pueda existir entre los canales de llamada y las estanquerías en relación a las tasas de evaporación que prevalecen a consecuencia de la temperatura ambiental, ya que su hidrodinámica es distinta, la salinidad del agua de suministro sigue teniendo cierta influencia sobre los niveles de salinidad que alcanza la estanquería a lo largo del ciclo de cultivo.

Respecto a los nutrientes, la salinidad presentó algunas correlaciones con los nitratos: positiva en el ciclo p-v en el canal de suministro de la granja D, negativas en el canal de ingreso y los estanques de la granja E en el periodo o-i; positiva en el estanque SB de la granja S en o-i, y por último, positiva en el estanque C1 de la granja C en p-v y negativa para el mismo estanque en el segundo ciclo. Con los nitratos además, la salinidad presentó correlaciones negativas un poco más consistentes en la granja S y D en el ciclo p-v, y en las granjas C y E en el ciclo o-i.

Con fósforo disuelto, las escasas correlaciones encontradas en general son inversamente proporcionales y pertenecen al estanque C8 y el canal S1, así como en los canales D1 y E1, en los ciclos de cultivo p-v y o-i, respectivamente; aunque también se presentó una correlación directamente proporcional entre este nutriente y la salinidad en el estanque Ea2 en el primero de los dos ciclos estudiados. Adicionalmente, con fósforo total la totalidad de las correlaciones halladas muestran un comportamiento inversamente proporcional y corresponden a los estanques de la granja D, en el ciclo p-v, así como al canal de ingreso de la misma granja en el ciclo o-i. Respecto al fósforo particulado, únicamente se hallaron correlaciones de tipo negativo en los estanques de la granja D en el ciclo p-v y en el estanque C1 de la granja C en o-i.

En un intento por comprender las causas que dan origen a comportamientos tan distintos entre las correlaciones salinidad-nutrientes, podemos considerar que en el ciclo de estiaje (p-v) la

evaporación propicia un incremento en la concentración de nutrientes y de la misma salinidad, ocasionando que la relación entre estos dos parámetros tenga características de proporcionalidad directa; en cambio, en el ciclo de lluvias (o-i), la salinidad más bien tiende a disminuir con los eventos de precipitación, mismos que además también arrastran una mayor cantidad de nutrientes hacia los estanques promoviendo un incremento en las concentraciones que prevalecen en el medio, dando lugar a cambios en sentidos opuestos entre las variables que nos ocupan.

Cabe mencionar que también se hallaron correlaciones entre la salinidad y los niveles de clorofilas y, en el caso de la clorofila "a", en los estanques de la granja D, durante el ciclo p-v se cuenta con una relación inversamente proporcional que indirecta e indudablemente, tiene que ver con el comportamiento de la salinidad en estos estanques durante el ciclo de cultivo mencionado: la salinidad fue disminuyendo conforme avanzó el cultivo en lugar de aumentar, al mismo tiempo que las clorofilas se incrementaban. No obstante, durante el ciclo o-i, en que la salinidad respecto al tiempo se comportó como habría de esperarse, dado el proceso de evaporación que sufren los cuerpos de agua encerrados, las correlaciones salinidad-clorofila "a" se presentan de manera directamente proporcional. Por último, en aquellos estanques como los de la granja C, cuya salinidad no mostró una tendencia consistente respecto al avance del ciclo de cultivo, las correlaciones salinidad-clorofila "a" presentan signos negativos, que no necesariamente implican que una menor salinidad sea determinante para lograr una mayor concentración de biomasa fitoplanctónica en el sistema.

7.2.5. Nutrientes

Se encontró correlación positiva entre los niveles de amonio en las aguas de suministro de las granjas C y E y sus estanques respectivos durante el ciclo o-i, así como entre las aguas de ingreso y uno de los estanques de la granja S durante en p-v, lo cual nos hace pensar que los niveles de amonio encontrados a lo largo del ciclo en los estanques mencionados, en cada caso, son fiel reflejo de los niveles con que las aguas ingresan a los mismos estanques a pesar de la acumulación de desechos que se genera en el transcurso del cultivo.

En este sentido, únicamente se presentó correlación entre los niveles de nitritos en el agua de suministro del canal C1 y el estanque C8, en la granja C, durante el periodo p-v; y en relación a los nitratos, se presentó correlación entre las concentraciones de este nutriente en el canal de suministro de las granjas C, D y E y sus respectivos estanques, solamente en el ciclo o-i, ya que en el periodo p-v, exclusivamente en la granja S se halló evidencia de correlación entre los niveles de nitratos del agua de ingreso y de alguno de sus estanques. Esto quizá se debe a que, por regla general, durante el ciclo p-v la fertilización de los estanques y suministro de alimento suplementario tienen dosis más elevadas que durante el ciclo o-i y por tanto, es posible que en las

concentraciones halladas en los estanques influyan más las condiciones naturales que la degradación del sistema.

Respecto al papel que cumplen los nutrientes en la dinámica de la comunidad biológica del sistema estudiado, se observó que los nitritos y fósforo particulado, son los nutrientes que de manera más consistente permiten explicar aparentemente la variación en las concentraciones de los pigmentos fotosintéticos, por lo que se les pueden considerar como directrices de la producción primaria en este tipo de estanquerías. Así, se hallaron correlaciones positivas entre los nitritos y los pigmentos fotosintéticos principalmente en las granjas intensivas D y E, pero únicamente en el ciclo p-v; entre el fósforo particulado y total y las clorofilas a y b, en el ciclo p-v, para los cuerpos de agua de las granjas S, D y E, y en o-i exclusivamente para la granja E; y por último, para la clorofila c se encontraron correlaciones positivas con fósforo particulado en el canal de suministro de la granja C, así como con fósforo total en las granjas D y E en ambos ciclos. Sobre este último particular, en un estudio realizado por Tucker y van der Ploeg (1993) en estanques de bagre, se hace referencia también correlaciones positivas entre las concentraciones de fósforo total y clorofila "a" que, de conformidad con un estudio previo desarrollado por Boyd (1985), se atribuyen a que la mayoría del fósforo total en las aguas de los estanques de cultivo se encuentra en forma particulada, principalmente en el interior de las células fitoplanctónicas.

También en el estudio de Tucker y van de Ploeg (1993) se comenta sobre la relación inversamente proporcional que han observado entre los compuestos nitrogenados disueltos y las poblaciones fitoplanctónicas, ya que una vez que éstas no son capaces de mantener sus tasas de asimilación de estos nutrientes, debido a un cambio en las condiciones climáticas más propicias para su desarrollo, amonio, nitritos y nitratos tienden a acumularse. En nuestro estudio este tipo de evento solo se dió en el canal de Ingreso Ei de la granja E, donde la correlación amonio-clorofilas a, b y c, se presentó inversamente proporcional.

Ahora bien, en este sentido parece conveniente añadir que, en el estudio de variables ambientales en el cultivo de peces de Frid y Mercer (1989), se menciona que pese a que pudieron medir incrementos en los niveles de nutrientes, nitrógeno y fósforo, no pudieron detectar efectos significativos sobre el fitoplancton y entre las razones expuestas para explicar este evento, proponen: (1) incremento insuficiente en los niveles de nutrición para estimular al fitoplancton; o bien, (2) incremento en el pastoreo de fitoplancton por el zooplancton.

7.2.6. DBO, SST y PPI

La DBO presentó correlaciones positivas con los SST en alguno de los estanques en las granjas C y E, pero de manera más consistente, mostró conexión con las pérdidas por ignición, especialmente en los cuerpos de agua de las granjas intensivas D y E. Ya que las PPI son un indicador de niveles de materia orgánica en el sistema, pareciera lógico que sus variaciones fueran determinantes en las variaciones de la DBO en los estanques de cultivo, no obstante, esta relación sólo pudo observarse en las granjas intensivas durante el ciclo p-v.

Parece importante mencionar que los tres parámetros indicadores de contribución orgánica (DBO, SST y PPI) muestran relaciones directamente proporcionales con el fósforo total y particulado en las mismas granjas intensivas D y E, pero este comportamiento solamente se presenta de manera consistente durante el ciclo p-v, excepto para el canal de ingreso D1 de la granja D. Estas correlaciones positivas pueden comprenderse si recordamos que los compuestos de fósforo, como se ha mencionado ya con anterioridad, se hallan asociados a los desechos o detritos de los organismos en el medio, incluyendo el plancton.

En relación a los pigmentos fotosintéticos, Hopkins *et al* (1993) encontró que los sólidos suspendidos tienen a decrecer durante los periodos en que la abundancia fitoplanctónica disminuye, así, en nuestro estudio también las clorofilas a, b y c presentaron correlaciones positivas con los SST y PPI en las granjas semi-intensivas C y S en el ciclo o-i; aunque en las granjas D y E, durante el ciclo p-v, también se relacionaron de manera directamente proporcional con los SST, las PPI y la DBO. Sobre este último particular, Tucker y van der Ploeg (1993) comentan que la producción primaria fitoplanctónica puede contribuir por encima del 75% de la materia orgánica producida en un estanque de cultivo de bagre, lo que explica la similitud en los patrones de variación de estos dos parámetros, DBO y clorofila "a". Adicionalmente, Ogburn, *et al* (1986), en su estudio sobre un sistema de cultivo semi-intensivo de camarón en Filipinas, halló también una fuerte correlación, de tipo exponencial, entre la DBO (en 12 horas) y la concentración de algunas especies de plancton y al respecto comenta que estos grupos planctónicos en especial se vuelven más numerosos conforme la biomasa de camarón se incrementa, pudiendo conducir a un bajo y peligroso contenido oxígeno disuelto en el estanque en las madrugadas.

7.3. Calidad de los efluentes de las granjas camaronicolas

En cumplimiento con el tercer objetivo de este trabajo y, en un intento por dilucidar cualitativamente los efectos que pueden tener las actividades relacionadas con el cultivo de camarón en la región, sobre la calidad del agua de los cuerpos costeros asociados a las granjas, se calcularon los cambios en magnitud de los parámetros analizados entre efluentes e influentes de los estanques objeto de este estudio. Los resultados obtenidos en términos porcentuales se presentan en la tabla 11, en la que puede observarse que las diferencias entre los niveles

estimados para cada parámetro no siempre tienen un solo sentido de variación, si no más bien, lo que en un día de muestreo aparece como un incremento de concentración en las aguas de desecho respecto a las de suministro, para el muestreo siguiente, se presenta como una reducción.

Haciendo énfasis en esta apreciación, en la tabla 12 se muestran únicamente los casos seleccionados de aquellos parámetros medidos en los efluentes cuyos cambios, respecto a su respectivo influente, presentan un solo sentido de variación a lo largo de todo el ciclo de cultivo, o cuando mucho, en uno solo de los muestreos del ciclo, muestra un resultado en el sentido contrario. Así, los parámetros marcados con un signo (+) son aquellos en los que los valores detectados en los efluentes son sistemáticamente mayores a los de su influente correspondiente y los marcados con el signo (-) pertenecen a las situaciones contrarias. La información resumida en esta tabla se discute a continuación.

7.3.1. DBO. Para los estanques de las granjas D y C, durante los ciclos p-v y o-i, se encontró que las diferencias emanaban resultados positivos de manera consistente, es decir, que los efluentes de estos cuerpos de agua presentaban valores más elevados que los que caracterizaban a las aguas al ingresar a la granja para la totalidad de los muestreos realizados. Estas variaciones, en promedio, oscilan entre 126 y 346% para la granja D y entre 323 y 504% para la granja C.

En la granja E se repitió este mismo tipo de observación para ambos estanques en el ciclo o-i, y únicamente para Eb3 durante el ciclo p-v; sus niveles de aumento van desde el 160 hasta el 975%. Para la granja S, sólo el estanque S18 presentó datos consistentes a lo largo del cultivo o-i, pero con signo negativo (alrededor del 50%); es decir, la demanda bioquímica de oxígeno del efluente de este estanque fue sistemáticamente menor que la de su influente durante todo el periodo, lo cual se puede explicar considerando que el estanque durante este ciclo, tuvo tasas de recambio mucho menores que las que usualmente se utilizan, y por tanto funcionó de forma similar a una laguna de sedimentación para tratamiento de aguas, permitiendo una depuración de la columna de agua por asentamiento.

7.3.2. SST. De las cuatro granjas estudiadas, en la granja E se encuentran los patrones de comportamiento más sistemáticos respecto a este parámetro, de modo que el estanque Eb3, durante p-v y los dos estanques durante o-i, presentan diferencias positivas, o sea, que los efluentes descargados por esta granja contaban con concentraciones de sólidos suspendidos mayores, entre un 137 y 547%, que las que presentaban las aguas de ingreso al llegar a los estanques. Adicionalmente, el estanque C8 de la granja C en el ciclo o-i y el estanque D6 de la granja D en p-v, también mostraron incrementos recurrentes que van del 124 al 351% respectivamente.

7.3.3. PPI. Para las granjas C, D y E los cambios detectados en las aguas de desecho, muestran incrementos del orden del 159 al 421%, de modo consistente en los dos ciclos, en tanto que para la granja S, se observaron aumentos constantes en el estanque S8 del 65% en promedio, pero en el estanque S18 se presentaron reducciones de alrededor del 25%, probablemente debido a que, como ya se mencionó anteriormente, este estanque tuvo un manejo muy limitado durante el ciclo, con bajas tasas de recambio de agua en los estanques y alimentación nula, de modo que la contribución con material orgánico hacia el exterior de la granja fue despreciable, y más bien, pareciera que el agua de ingreso estuviera siendo depurada en el estanque. En este sentido, Hopkins *et al* (1993) comentan que reducir o eliminar el recambio de agua en los estanques de cultivo tiene el efecto de reducir las cantidades totales de nutrientes, sólidos y DBO que se descargan a los cuerpos de agua adyacentes; es decir, la reducción o eliminación del recambio de agua permite cierto grado de digestión interna en el estanque y la oxidación de nitrógeno, sólidos y DBO.

7.3.4. Fósforo total. En relación a las concentraciones de fósforo total, los estanques de la granja E fueron los únicos que de manera reiterada, en ambos ciclos de cultivo, presentaron diferencias positivas del orden del 200% en el ciclo p-v y del 500% en o-l, aunque también puede mencionarse el caso del estanque C1 de la granja C, que coincidió en este tipo de comportamiento en o-l, aunque en un porcentaje bastante menor (122%); a diferencia del estanque D8, que durante p-v, pareciera haber consumido este nutriente durante el cultivo, como lo sugiere el hecho de que las concentraciones en sus efluentes fueron constantemente menores que las de sus influentes a lo largo de todo el ciclo (34% en promedio).

7.3.5. Fósforo disuelto. En su mayoría, las diferencias consistentes halladas en las concentraciones de este parámetro en los efluentes tuvieron un sentido negativo, y corresponden a los estanques D6, D8 y C8 en ambos ciclos, con porcentajes de variación que van desde el 52 hasta el 75%. No obstante, en el estanque S18 las concentraciones en el agua de desecho presentan un incremento en niveles respecto del agua de suministro del 521%, con lo cual se indica que lejos de que este nutriente fuera consumido por la biota o asimilado en alguna forma en el interior del estanque (por ejemplo en los sedimentos del fondo) durante el periodo de encierro, el fósforo disuelto estuvo siendo exportado desde la granja hacia el exterior.

7.3.6. Clorofilas (a, b y c). Respecto a los niveles de estos pigmentos fotosintéticos, para casi la totalidad de los estanques estudiados, excepto el estanque S18 de la granja S, las diferencias entre los niveles de los parámetros medidos en sus aguas de egreso, respecto a las de suministro, representaron un incremento. No obstante esta coincidencia sobre la tendencia de los cambios encontrados, cabe aclarar que en las granjas D y E este comportamiento se presentó únicamente

en el ciclo o-I para las tres clorofilas y sus porcentajes de variación van desde 554 hasta 3599%. Lo anterior puede ser explicado si consideramos que en ambas granjas, las concentraciones de estos pigmentos fotosintéticos en los estanques son significativamente distintas a las de las aguas de ingreso sólo en el ciclo otoño-invierno, mientras que en el ciclo p-v, no es posible demostrar estadísticamente que son diferentes.

Para los estanques de la granja C, que presentan esta misma tendencia pero en los dos ciclos, los porcentajes van desde 177 hasta 2025, en tanto que para el estanque S8 de la granja S, que también tiene cambios sistemáticamente positivos, los porcentajes van desde 192 hasta 226. Para el estanque S18, las variaciones en los niveles de clorofilas b y c tienen signo negativo y el consumo en el estanque que estos pigmentos que representan tienen valores que oscilan entre 43 y 48%. Cabe mencionar que los estanques de la granja C, en efecto, fueron los únicos que mostraron niveles de concentración promedio significativamente distintos al nivel medio de estos pigmentos en las aguas de ingreso a lo largo de los dos ciclos de cultivo, quizás debido al tan ya comentado enriquecimiento de que son objeto los encierros acuícolas a lo largo del período y a la fertilización que reciben los estanques de casi la totalidad de las granjas estudiadas, previo al inicio de cada ciclo.

7.3.7. Nitrógeno. Las diferencias halladas en los niveles de los compuestos de nitrógeno (NH_4 , NO_2 y NO_3) en algunos de los estanques en las granjas C, D y E en uno u otro de los ciclos estudiados, muestran que las aguas de los encierros tienden al consumo de estos nutrientes procedentes de las aguas naturales y el porcentaje de decremento respecto a los niveles en el agua de ingreso van desde el 33 hasta el 63% para el amonio, 47.3 a 61% para los nitritos y del 18 al 79% para los nitratos. Cabe destacar que los estanques de la granja S fueron los únicos que no presentaron cambios consistentes hacia en un solo sentido en relación a estos nutrientes, probablemente porque, como ya se ha mencionado en otros apartados de esta sección de resultados y discusión, en la granja Simental no se encontró evidencia que permita establecer diferencias significativas entre las concentraciones de ninguno de estos nutrientes en las aguas de ingreso y los estanques, lo cual seguramente se debe a que en esta granja no se acostumbra agregar fertilizantes al alimento durante el período de cultivo.

Para los demás parámetros analizados, las diferencias encontradas no guardan sistemáticamente un solo sentido a lo largo de un mismo ciclo de cultivo, es decir, en algunas fechas de muestreo presentan resultados positivos y en otras negativos, lo que es lo mismo, las descargas de los estanques de acuicultura no siempre presentan valores mayores en las diferentes variables, que las aguas que ingresan a las granjas. De hecho, Hopkins *et al* (1993) mencionan que al evaluar las diferencias entre los niveles de sólidos suspendidos en aguas de

diferentes variables, que las aguas que ingresan a las granjas. De hecho, Hopkins *et al* (1993) mencionan que al evaluar las diferencias entre los niveles de sólidos suspendidos en aguas de ingreso y desecho de la granja, las concentraciones promedio más elevadas las encontraron en el agua de ingreso; aunque respecto a la DBO, los niveles en el agua de los estanques siempre fueron mayores que los del agua de ingreso.

Es conveniente reiterar que aún en los parámetros mencionados arriba, que muestran resultados más consistentes a lo largo de un mismo periodo, el comportamiento en los estanques aún dentro de la misma granja, no es igual: en algunos casos, como la granja S, en un mismo ciclo, mientras un estanque parece aportar materia orgánica al cuerpo receptor de sus efluentes, el otro más bien pareciera que lo está consumiendo. De hecho, en un estudio relacionado con este tipo de análisis, realizado por Ziemman *et al* (1992) en granjas hawaianas de camarones y langostinos, se encontró que estas diferencias no son consistentes para un mismo parámetro en particular inclusive para un mismo tipo de estanque o especie cultivada. Entre los resultados presentados por Ziemman *et al* (1992), se encontraron coincidencias respecto a cuatro de los parámetros estudiados en el presente trabajo: el fósforo disuelto, que parece ser consumido por los estanques en el transcurso de un ciclo de cultivo, el fósforo total, los sólidos suspendidos totales y las clorofilas que presentan más bien una tendencia a incrementarse en las estanqueras.

De acuerdo a Hopkins *et al* (1993), los parámetros de calidad de agua de importancia primordial en las regulaciones de descarga son la DBO, los SST, así como las concentraciones de amonio y fósforo disuelto; no obstante, también menciona que debe considerarse que las concentraciones de estos nutrientes inorgánicos disueltos son extremadamente dinámicas y fluctúan ampliamente de una semana a otra. Debido a esta variabilidad, en Ziemman *et al* (1992) se enfatiza que la vigilancia regulatoria sobre los efluentes de las granjas de acuicultura debe ser permanente y menciona que los estándares de calidad de agua para algunos parámetros deben especificar niveles que no pueden ser excedidos en 2, 10 y 50 por ciento de las veces que se analizan, así como niveles promedio geométricos máximos permisibles para otros.

Al respecto, cabe hacer mención que recientemente en México se ha dado inicio a los esfuerzos de prevención de la degradación de los ecosistemas y cuerpos de agua adyacentes a las instalaciones acuícolas de nuestro país, y en este sentido, con fecha 20 de septiembre de 1994, se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM 089-Ecol-1994, que tiene como fecha de entrada en vigor el día 1 de junio de 1995 y en la cual se establecen los niveles máximos permisibles de contaminación en las descargas a cuerpos receptores de aguas residuales provenientes de las actividades de cultivo acuícolas.

Para efectos de las actividades del maricultivo, esta Norma impone límites máximos permisibles para pH, DBO y SST, de 8.9, 35 mg/l (26.5 ml/l) y 40 mg/l, respectivamente. Asimismo, establece que en el caso de que se identifiquen descargas que, a pesar del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la misma Norma, causen efectos negativos al ecosistema receptor, se fijarán condiciones particulares de descarga para señalar límites máximos permisibles en aquellos parámetros que se consideren aplicables a la propia descarga, como pueden ser, entre otros: nitritos, nitratos, amonio, nitrógeno total, fósforo total y fósforo disuelto.

Basándonos en los resultados obtenidos en el presente trabajo, es necesario considerar, por principio de cuentas, que los niveles en los parámetros de calidad de agua en las descargas no pueden ser establecidos como un valor definitivo, ya que en mucho dependen de los niveles pre-existentes en el cuerpo de agua de abastecimiento de la granja; por tanto, se sugiere que estos sean establecidos más bien como porcentajes del mismo valor natural original, los cuales pueden ser calculados de conformidad con la siguiente fórmula:
$$\left(\frac{\text{ambiente} - \text{efluente}}{\text{efluente}} \right) \times 100 .$$

Ahora bien, una vez conocido el valor natural al cual hacer referencia, el paso siguiente es indicar qué porcentaje de variación puede permitirse como máximo. Esta segunda incógnita involucra el cálculo de la capacidad de dilución de los efluentes de las granjas en el ambiente natural, que necesariamente requiere del conocimiento de la hidrodinámica del sistema en cuestión. Como puede observarse, no es una tarea sencilla. Se necesita información básica acerca de los rasgos geomorfológicos de los cuerpos de agua que se convertirán en receptáculo de las descargas, así como de un amplio y diversificado estudio de caracterización de efluentes camaronícolas, con los cuales diseñar una base de datos confiable que pueda ser utilizada para la realización de modelos de predicción sobre el impacto que ocasionarían los efluentes sobre el medio natural.

Por lo anterior, es claro que el desarrollo de regulaciones razonables para la protección de los ecosistemas requiere de la elaboración de estudios serios y meticulosos que además de tiempo, consumen también considerables recursos financieros. No obstante, son necesarios si en realidad se pretende prevenir el impacto que pueden provocar las descargas de efluentes, sin caer en restricciones innecesarias que limiten el desarrollo de la industria acuícola en el país.

Otro aspecto notable en la propuesta de Norma es que no se aclara la forma en que se determinarán las variaciones en pH en las aguas de desecho, y en virtud de que es un parámetro fuertemente influenciado por la tasa F/R, es por añadidura, un factor relacionado con la hora del día, por lo tanto, tampoco debieran establecerse valores con tanta rigidez en este sentido sin especificar una estrategia de muestreo. De los resultados de este trabajo, se puede hacer

referencia a valores de pH superiores a 9.0 aún en los canales de ingreso de la granja S, así como en los estanques de las granjas D y E.

Respecto a los niveles de DBO, el límite máximo de 26.5 ml/l no se aclara en base a cuántas horas de incubación está establecido, pero si se considera que el valor promedio más alto obtenido en este estudio para DBO_{5m} es de 4.97 ml/l en una granja caracterizada como de tipo intensivo y que, en la escasa literatura relacionada con el tema se presentan valores promedio de 13.2 mg/l para un DBO_5 en una granja intensiva con alta densidad de siembra y escaso porcentaje de recambio, podemos percatarnos que el límite planteado por la NOM 089 es bastante flexible. De hecho, Wong (1992) comenta que un DBO_5 de 3.5 ml/l ya debe ser considerado de calidad dudosa.

Sobre la fijación de condiciones particulares de descarga de nitritos, nitratos, amonio, nitrógeno total, fósforo total y fósforo disuelto, para los casos en que los efluentes de las granjas estén causando efectos deletéreos en los acuíferos aledaños, parece importante señalar que los límites permisibles de estos nutrientes también debieran ser establecidos en base a los niveles básicos naturales para cada región en particular, ya que lo trascendental en este tipo de esfuerzos es tratar de preservar el equilibrio original del ecosistema para lo cual hace falta conocer las características fundamentales de referencia de los cuerpos de agua sobre los cuales se encuentran establecidas las granjas ya existentes, y en un futuro, sobre los cuales se pretenda establecer nuevas instalaciones.

En lo que concierne a los SST, en sentido contrario al DBO, el límite máximo de 40 mg/l pareciera ser demasiado conservador, ya que incluso en las aguas de ingreso de las granjas estudiadas en el presente trabajo, hay días en que este valor se supera con mucho. Baste referirse al canal de ingreso de la granja S durante el periodo p-v o de las granjas D y C en el ciclo o-l, en las tablas 6 y 7. Además, en los datos citados por Hopkins *et al* (1993), los niveles alcanzados por sus estanques oscilan entre 157.3 y 196.2 mg/l, aunque Ziemann *et al* (1992) presenta valores promedio de 33.8 mg/l. Quizá no sea conveniente comparar los niveles de nuestro estudio con los citados en la literatura sobre granjas que operan en latitudes distintas a las nuestras, ya que las diferencias de orden climático pueden ser determinantes; sin embargo, pareciera conveniente hacer notar que aún a nivel mundial, hace falta mucho que investigar al respecto de las características químicas y físicas de los efluentes de las granjas acuícolas, aún para aquellos parámetros cuyas descargas están ya reguladas por agencias internacionales.

Es sabido que el monitoreo de los efluentes acuícolas puede implicar algo de dificultades técnicas y resultar costoso, pero los resultados pueden ser también de mucha utilidad tanto para los acuicultores como para los organismos regulatorios, ya que la medición de nutrientes y

pigmentos fotosintéticos, por citar un ejemplo, podría ser usada para analizar la utilización de alimento y crecimiento fitoplanctónico. Con el tiempo, los responsables de las granjas pueden descubrir que los análisis químicos son herramientas útiles, que probablemente les permitan un mejor entendimiento de los procesos biológicos en el interior de los estanques y un manejo más eficiente de los mismos.

8. Conclusiones

- Los valores de pH para todas las granjas estudiadas se encuentran dentro del intervalo recomendado por Boyd et al (1989) como óptimo para el cultivo de camarones peneidos. Respecto a los niveles de oxígeno disuelto, existen datos puntuales en las granjas que corresponden al límite inferior de concentraciones óptimas de OD para el cultivo; es decir, concentraciones a las cuales el camarón puede sobrevivir, pero el crecimiento se hace lento si la exposición se prolonga. Lo mismo sucede también con la temperatura, que hacia un extremo o hacia el otro, en ambos ciclos de cultivo, en todas las granjas se observaron valores fuera de los límites establecidos. En relación a la salinidad, únicamente la granja Dimas cumple con el intervalo óptimo de concentración para el cultivo de camarones peneidos, las demás granjas tienen oscilaciones hacia afuera de los dos límites del intervalo establecido por el mismo autor.

- La variación en las magnitudes de temperatura, salinidad y DBO muestran para todos los casos estudiados, una fuerte relación con el avance del ciclo de cultivo.

Parámetros como el pH, amonio, fósforo total, clorofilas y sólidos suspendidos totales en C, D y E muestran ligeras tendencias a variar con el curso del tiempo. No obstante, aún en un mismo ciclo o en el interior de una misma granja, en ocasiones las tendencias observadas para los dos estanques, se presentan en sentidos opuestos.

Las concentraciones de OD, PPI, nitritos, nitratos, Ni y fósforo disuelto no muestran relación con el avance en el tiempo del cultivo en ninguna de las granjas estudiadas y, en general, son un reflejo de las variaciones de magnitud detectadas en el canal de ingreso; sin importar si la granja en cuestión es de tipo intensivo o semi-intensivo.

- En términos generales, puede considerarse que existe un cambio significativo entre la calidad del agua de suministro y la de los efluentes en cada una de las granjas seleccionadas; es decir, los niveles promedio observados para cada parámetro en las aguas de ingreso de las cuatro granjas estudiadas son distintos a los encontrados en las aguas de desecho de sus respectivos estanques.

- Retomando que la selección de la pareja de estanques a estudiar en cada granja se basó en diferencias en edad operativa o en rendimiento a la cosecha, en las granjas S y E, estas diferencias no pueden ser explicadas basándonos en las variables consideradas en este trabajo, ya que las medias encontradas en todos los parámetros estudiados son estadísticamente indistinguibles. En el caso de las granjas C y D, se observaron desigualdades estadísticamente significativas entre sus estanques únicamente en los niveles promedio de pH, oxígeno disuelto,

salinidad y clorofilas a, b y c; los demás parámetros alcanzan niveles equiparables en ambos estanques.

- En relación a las diferencias de índole estacional, únicamente la salinidad pareciera recibir una fuerte influencia en el cambio de estación climática. Para todos los demás parámetros, las diferencias estacionales no están consistentemente definidas en los cuerpos de agua estudiados.

- Del análisis de correlación emanan que la temperatura, salinidad y amonio del agua de suministro tienen una influencia considerable sobre la temperatura, salinidad y amonio en sus estanques respectivos en las cuatro granjas. Además, la variación en los niveles de salinidad está estrechamente relacionada con los cambios en la temperatura.

- Nitritos y fósforo particulado son aparentemente los nutrientes que de manera más consistente permiten explicar las variaciones en las concentraciones de los pigmentos fotosintéticos.

- Las correlaciones halladas no se presentan de manera sistemática para todos los cuerpos de agua estudiados, e inclusive entre granjas de un mismo tipo, extensivas o semi-intensivas, los comportamientos detectados no se reproducen.

- Del análisis de variación en los niveles de concentración entre las aguas de ingreso y desecho emanan las siguientes generalidades:

DBO, SST, PPI y clorofilas a, b y c presentan, para casi la totalidad de los casos, una diferencia positiva entre los niveles de comparados, es decir, que las magnitudes detectadas en los estanques de cada granja son siempre superiores a los de las aguas de ingreso, excepto para la granja S.

Los nutrientes: amonio, nitritos, nitratos y fósforo disuelto parecen ser consumidos casi siempre en los estanques durante el ciclo de cultivo, ya que las diferencias obtenidas en casi la totalidad de los casos son negativas. La excepción la constituye el fósforo total, cuyos cambios detectados en concentración son de tipo positivo.

- Se hizo evidente que los cambios de magnitud en cada uno de los parámetros evaluados para las cuatro granjas no siguen un patrón definido de variación y que estos suelen ser distintos de un día para otro sin causa aparente, por lo cual, cualquier estimación que se pretenda realizar sobre la contribución de las granjas camaronícolas sobre los ecosistemas que las rodean, deben ser evaluadas en función de los niveles básicos de referencia obtenidos para el cuerpo de agua natural y no en base a niveles pre-establecidos. Para tal efecto se propone realizar cálculos porcentuales de conformidad con la fórmula siguiente:

% de variación respecto al influente = ((Efuyente - Influyente)/Influyente) x 100.

- De los cálculos de diferencias entre influente y efluentes, en los niveles detectados de los parámetros de calidad de agua, se observó que, en términos generales, para los nutrientes las reducciones porcentuales son del orden de las decenas, para la DBO, SST y PPI los incrementos porcentuales son del orden de las centenas y para las clorofilas, son del orden de los millares.
- Se presentan cuatro pequeñas bases de datos cuya información puede ser confiablemente utilizada para la elaboración de estudios de impacto ambiental sobre la descarga de efluentes acuícolas en una región cálida; así como para sentar los precedentes de estudio de factibilidad para la elaboración de una norma regulatoria especializada en este aspecto.
- Por último, cabe mencionar la conveniencia de continuar con el estudio de los parámetros de calidad de agua en las granjas camaronícolas a un nivel de mayor profundización, quizá realizando experimentos con los cultivos, con el fin de alcanzar un conocimiento más firme sobre la función que cumplen estas variables sobre la producción y sobre la imperiosa necesidad de preservación del ambiente que las rodea.

Literatura citada

1. Allen, G. L. y G. B. Maguire, 1992. Lethal levels of low dissolved oxygen and effects of short term stress on subsequent growth of juvenile *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 94:27-37.
2. Anonymous. 1993. Ill effects wrought by eel farm. *New Sunday Times*, Kuala Lumpur, 2 May.
3. Blake, B. F., A. B. Bowers y E. Naylor, 1981. Ecology and penaeus fishery of a coastal lagoon system in western Mexico. Report on Mexico Lagoon Research. Project 1973-1979.
4. Boyd, C. E. 1974. Water quality in catfish ponds. *J. Mar. Sci. Ala.*, 2:19-30.
5. Boyd, et al, 1975. Sudden mortality of a massive phytoplankton bloom. *Weed Sci.*, 23:81-87.
6. Boyd, C. E., 1978. Effluents from catfish ponds during fish harvest. *J. Environ. Qual.*, 7:59-82.
7. Boyd, C. E., 1986. Comments on the development of techniques for management of environmental quality in aquaculture, *Aquacultural engineering* 5, 135-146. Elsevier Applied Science Publishers Ltd, England.
8. Boyd, C.E. 1989. Water quality management and aeration in shrimp farming, Fisheries and allied Aquacultures Departmental Series No. 2, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Alabama.
9. Boyd, C. E. y A. W. Fast, 1992. Marine shrimp culture: principles and practices, in: *Developments in aquaculture and fisheries science*, vol. 23. Capitulo 23, Fast, A. W. and L. J. Lester, editors. Elsevier, Netherlands.
10. Cameron, J.N. & Magnum, C. P., 1983. Environmental adaptations of the respiratory systems: ventilation, circulation and oxygen transport. In: D. E. Bliss (ed.). *Biology of Crustacea*. Academic Press, New York.
11. Connell, D. and Danyl Hawker, 1992. Pollution in tropical aquatic systems. CRC Press, Inc.
12. Diana James S., Kwei Lin C., Schneeberger Phillip J. 1991. Relationships among nutrient inputs, water nutrients concentrations, primary production and yield of *Oreochromis niloticus* in ponds. *Aquaculture* 92, p. 325.
13. Dutrieux. E. and O. Guélorget, 1988. Ecological planning: a possible method for the choice of acuacultural sites. *Ocean & stioroline management*, USA.
14. Eppley R. W., Coatsworth J.L. y Solórzano I, 1969. Studies of nitrate reductase in marine phytoplankton. *Limnology and oceanography* 14, p. 164.

15. Fenchel, T. M. y B. B. Jorgensen, 1977. Detritus food chains of aquatic ecosystems: the role of bacteria. In: *Advances in Microbial Ecology*, Vol. 1 de. M. Alexander, Plenum Press, New York.
16. Frid C. L. J. and T. S. Mercer, 1989. Environmental monitoring of caged fish farming in macrotidal environments. *Marine Pollution Bulletin* 20(6), pp. 379-383.
17. Hempel, E., 1993. Constraints and possibilities for developing aquaculture. *Aquaculture International*, 1, 2-19.
18. Heyman, Ulf y Lundgren Alf, 1986. Phytoplankton biomass and production in relation to phosphorus. Some conclusions from field studies. *Hydrobiologia* 170:211-227.
19. Hopkins, J. Stephen, R. D. Hamilton, P.A. Sandifer, C.L. Browdy & A. D. Stokes, 1993. Effect of water exchange rate on production, water quality, effluent characteristics and nitrogen budgets of intensive shrimp ponds. *Journal of the World Aquaculture Society* 24(3).
20. Hudson D. y Lester R.J.G., 1992. Relationships between water quality parameters and ectocomensal ciliates on prawns (*Penaeus japonicus* Bate) in aquaculture. *Aquaculture* 105 p. 269.
21. Iversen, E. S., 1976. *Farming the edge of the sea*. Fishing News Books, England.
22. Josupeit, H., 1992. Recent developments in aquaculture and its impact on trade. Paper presented at CIHEAM, Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza, Zaragoza, Spain, March 1992.
23. Kinne, O., 1976. *Marine Ecology. A comprehensive, integrated treatise on life in ocean and coastal waters*. Vol. III, Cultivation, Part 1. Wiley-Interscience Publication. G.B.
24. Laubier, A. y L. Laubier, 1993. Marine crustacean farming: present status and perspectives. *Aquat. Living Resour.* (6)4, 319-329.
25. Maaliw, M. A. L., N. Bernas, R. Mercado & f. Guarín, 1989. Preliminary results of a water quality baseline study of Lingayen Gulf, p.83-91. In G. Silvestre, e. Miclat and T. E. Chua (eds.). Towards sustainable development of the coastal resources of Lingayen Gulf, Philippines. ICLARM Conference Proceedings 17, 200 p. Philippine Council for Aquatic and Marine Research and Development. Los Baños, Laguna and International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati, Metro Manila, Philippines.
26. Martínez Córdova, Luis Rafael, 1993. *Camaronicultura. Bases técnicas y científicas para el cultivo de camarones peneidos*. AGT Editor, México.
27. Meade, James W., 1989. *Aquaculture management*. Van Nostrand Reinhold. USA.
28. Merino, Martín. 1992. *Afloramiento en la plataforma de Yucatán: estructura y fertilización*. Tesis doctoral. UNAM, ICML, UACPyP, CCH. México, D. F.
29. Millero, Frank and Mary L. Sohn, (1992). *Chemical oceanography*. CRC Press, USA.

9. Literatura citada

30. Miller, J. C. y J. N. Miller, 1988. **Statistics for analytical chemistry**. Ellis Horwood Series in Analytical Chemistry, John & Sons Limited.
31. Moore Barck L., 1986. **Input of organic materials into aquaculture systems: emphasis on feeding semi-intensive systems**. *Aquacultural engineering* 5, 123-133.
32. Morris, I., 1980. **The physiological ecology of phytoplankton**. *Studies in ecology* 7, p. 625.
33. Núñez Pastén, Arturo. 1973. **Hidrología del sistema Teacapan-Agua Brava, en la planicie costera de los estados de Sinaloa y Nayarit, México**. Tesis profesional. Cuernavaca, Mor.
34. Ogburn, Damian M., N. a. Jumalon and M. L. Sycip, 1986. **An integrated semi-intensive shrimp and livestock system in the Philippines**, p. 137-140. In J. L. Maclean, L. B. Dizon and L. V. Hosillos (eds.). *The First Asian Fisheries Forum*, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines.
35. Overstreet R.M., 1973. **Parasites of some penaeid shrimps with emphasis on reared host**. *Aquaculture*, p. 104.
36. Pierru, U., 1979. **The phosphorus cycle: quantitative aspects and the role of the man**. En: Biogeochemical cycling of mineral forming elements. Trudinger y Swaine Editores. *Studies in Environmental Science*, p. 205-210.
37. Schroeder, G. L., 1978. **Autotrophic and heterotrophic production of microorganisms in intensely manured fishponds, and related fish yields**. *Aquaculture*, 14, 303-25.
38. Secretaría de Hacienda Pública y Tesorería. **Monografía 1990**. Tomos: Escuinapa, Mazatlán y San Ignacio. Gobierno del Estado de Sinaloa.
39. Secretaría de Hacienda Pública y Tesorería. **Prontuario estadístico de los municipios 1989**. Gobierno del Estado de Sinaloa.
40. Seidman, E. R. & Lawrence, a. W., 1985. **Growth, feed digestibility and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different dissolved oxygen levels**. *J. World Maricult. Soc.* 16:333-346.
41. Swingle, 1969, Louisiana Glate Agricultural Experiment Station, 1988.
42. Strickland J.D.H., Holm-Hansen O. y Eppley R.W. 1969. **The use of a deep tank in plankton ecology I. Studies of growth and composition of plankton at low nutrients levels**. *Limnology and oceanography* 14, p. 23.
43. Stumm W. y J. Morgan, 1970. **Aquatic Chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters**. Wiley Interscience.
44. Tucker, *et al*, 1984. **Relationships between phytoplankton periodicity and the concentrations of total and un-ionized ammonia in channel catfish ponds**. *Hydrobiologia*, 111:75-79.
45. Tucker, C.S. y C.E. Boyd, 1985. **Channel catfish culture**. Capítulo 5, **Water quality**. *Developments in aquaculture and Fisheries Science*, 15. Elsevier, Netherlands.

46. Tucker, Craig S. and M. van der Ploeg, 1993. Seasonal changes in water quality in commercial channel catfish ponds in Mississippi. *Journal of the world aquaculture society* 24(4).
47. Villalón, José R. 1991. Practical manual for semi-intensive commercial production of marine shrimp. NOAA/USDC. USA.
48. Wang Jaw-Kai, 1990. Managing shrimp pond water to reduce discharge problems. *Aquacultural engineering* 9, 61-73.
49. Warren, C. E., Doudoroff, P. and Shumway, P.L., 1973. Development of dissolved oxygen criteria for freshwater fish. US Envir. Protection Agency, EPA-R3-73-019, Washington, D. C. 121 pp.
50. Wedemeyer Gary A, y Yasutane WT 1978. Prevention and treatment of nitrite toxicity in juvenile steelhead trout (*salmo gairdneri*) *Journal of Fisheries Board of Canada*. 35:822-827.
51. World Shrimp Farming, 1991. Aquaculture Digest Publ., San Diego, USA.
52. Ziemman, Walsh, Saphore y Fulton, 1992. A survey of water quality of effluent from hawailian aquaculture facilities. *Journal of the world aquaculture society*. Vol. 23, no. 3.

Tabla 1. Comparativo entre características operacionales de los estanques en los sistemas de cultivo extensivo, semi-intensivo e intensivo en Filipinas (Fast y Lester, 1992).

Características	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo
Tamaño (Ha)	5.0-10.0	1.0-2.0	0.1-1.0
Forma	Irregular	Rectangular o cuadrado	Rectangular o cuadrado
Profundidad (m)	0.5-1.0	1.0-1.2	1.0-1.5
Compuertas	Una	Dos: ingreso y salida	Dos: ingreso y salida
Elevación	Intermareal	Intermareal	Superior a marea alta
Manejo de agua	Marea, bombeo opcional	Bombeo	Bombeo
Tasa de recambio (%/d)	<5%	<5 a 20%	10 a 20%
Aeración	Intercambio natural del agua	Intercambio de agua, aeradores	Aeradores e inyección de oxígeno
Densidad de siembra	> 0.1-1.0 pl/m ²	> 3-10 pl/m ²	15-40 pl/m ²
Origen de la post-larva	Silvestre o criadero	Criadero	Criadero y laboratorio
Fertilización	Previo al sembrado	A lo largo del cultivo	A lo largo del cultivo
Alimento	Natural y en ocasiones suplementario (no procesado)	Natural y suplementario (no procesado o formulado)	Formulado
Periodo de cultivo (mes)	4.0-5.0	3.5-4.0	3.5-4.0
Número de cosechas por año	2.0	2.0-2.5	2.0-2.5
Tasa de sobrevivencia (en porcentaje)	<60.0	60.0-80.0	80.0-90.0
Peso al cosechar (g)	40.0	31.0-40.0	30.0-35.0
Producción (ton/Ha/año)	<0.1-0.3	0.5-2.5	5.0-15.0
Cosecha máxima (g/m ²)	<25.0	25.0-150.0	250.0-1,000.0

Tabla 2. Nutrientes principales para los organismos acuáticos

Elemento	Actividad
Carbono	Estructura de todas las biomoléculas, metabolismo energético
Nitrógeno	Aminoácidos, ácidos nucleicos, cofactores metabólicos
Fósforo	Ácidos nucleicos, fosfolípidos, metabolismo energético (ATP)
Azufre	Aminoácidos (cisteína, metionina), cofactores metabólicos (biotina, coenzima A)

Tabla 3. Localización geográfica de las granjas de estudio

Granja	Municipio	Regimen climático	Temperatura media anual	Precipitación media anual	Evaporación media anual	Localización		Cuerpo de agua que abastece de agua dulce
Dimas	San Ignacio	Tropical lluvioso en verano, semi-seco el resto del año.	25.6°C	934.5 mm	1,649.5 mm	23°43'00"	106°50'00"	Río Piedra
Clementina	Mazatlán	Tropical lluvioso en verano, semi-cálido, semi-seco en invierno.	25.0°C	746.0 mm	2,146.8 mm	23°09'00"	106°17'30"	Estero de Urias
Simental	Escuintepe	Tropical lluvioso en verano, semi-cálido, semi-seco en invierno.	26.2°C	1,120.9 mm	No disponible	22°50'30"	105°52'30"	Río Baluarte
Escuintepe	Escuintepe	Tropical lluvioso en verano, semi-cálido, semi-seco en invierno.	26.2°C	1,120.9 mm	No disponible	22°37'30"	105°49'00"	Subsuelo

Fuente: Secretaría de Hacienda Pública y Tesorería, 1990.

Tabla 4. Características generales de las granjas de estudio

Característica	Dimas	Clementina	Simental	Escutia	Referencia
Área de setanquería (ha)	38	>100	100	16	(a)
Producción 1981-1982 (ton/ha)	2.2	1.3	1.2	5.0	(a)
Producción 1983 (ton/ha)	4.2-4.5	2.1	0.8	5.5	(b)
Densidad (Plm ²)	27-38	14-20	8-7	50	(b)
Aeración	Sí	No	No	Sí	(b)
Tipo de fondo	Limo-arenoso	Limo-arenoso	Arcilloso	Arenoso	(b)
Regimen salino predominante	Salobre	Hipersalino	Hipersalino	Marino	(b)
Tasa de recambio	30%	5-8%	5%	<3%	(b)
Fertilización	Sí	Sí	No	Sí	(b)

(a) NOAA, 1993.

(b) Informe anual del Proyecto CONACYT 0825-N9110, Septiembre 1993.

Tabla 5. Técnicas analíticas

Parámetro	Determinación	Tipo de recipiente	Conservación	Método de análisis	Referencias
BOD	Potenciométrica*	Poliétileno	Refrigeración de 2 a 12 h, hasta incubación	Autoconsumo de oxígeno en 48 horas	Rodier, 1951.
NH ₃ /NH ₄	Colorimétrica	Vidrio	Solución fenol/alcohol. Refrigeración hasta 12 h	Muestra sin filtrar, reacción colorida.	Strickland y Parsons, 1972.
NO ₂	Colorimétrica	Poliétileno	HgCl ₂ al 0.4%. Refrigeración 1-7 días	Filtración en membrana GF/C. Reacción colorida.	Strickland y Parsons, 1972; Grasshoff <i>et al</i> , 1983.
NO ₃	Colorimétrica	Poliétileno	HgCl ₂ al 0.4%. Refrigeración 1-7 días	Filtración en membrana GF/C. Reacción colorida.	Strickland y Parsons, 1972; Grasshoff <i>et al</i> , 1983.
PO ₄ total	Colorimétrica	Poliétileno	H ₂ SO ₄ , 4.5 M. Refrigeración 1-7 días	Filtración en membrana GF/C. Reacción colorida.	Strickland y Parsons, 1972.
PO ₄ reactivo	Colorimétrica	Policarbonato	HgCl ₂ al 0.4%. Refrigeración 1-7 días	Oxidación con K ₂ S ₂ O ₈ . Reacción colorida.	Grasshoff <i>et al</i> , 1983.
Sólidos suspendidos	Gravimétrica	Vidrio	Indefinida	Filtración en membrana GF/C. Secado a peso constante.	APHA, 1989.
Pérdidas por ignición	Gravimétrica	Vidrio	Indefinida	Filtración en membrana GF/C. Combustión a 550°C, 8 h.	Páez Osuna <i>et al</i> , 1984
Clorofilas a, b y c	Espectroscópica	Vidrio (ámbar oscuro)	Metanol/congelación (hasta 15 días)	Filtración en membrana GF/C. Extracción en metanol.	Strickland y Parsons, 1972; Osmud Holm-Hansen, 1978.
Salinidad	Tritimétrica	Poliétileno	Hermeticidad	Titulación con AgNO ₃	Páez Osuna y Osuna López, 1990.

*Oxímetro Orion 820.

6.D. Granja Dimas. Ciclo primavera-verano

Fecha	Hora	T (°C)	pH	OD (mg/l)	Sulfuro (ppm)	Amonio (µM)	DBO5 (mg/l)	SST (mg/l)	PPH (mg/l)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	NH4 (µM)	Pila (µM)	Piel (µM)	Ppart (µM)	Clorofila (µg/l)		
																a	b	c
Di																		
140493	7:50	22.50	8.50	6.60	28.74	17.70	0.90	8.50	2.70	0.06	<0.33	17.78	1.23	2.21	0.98	4.04	2.58	3.38
280493	7:50	24.80	7.70	4.90	12.66	8.54	1.40	10.60	4.20	<0.05	<0.39	8.54	1.78	4.57	2.79	22.02	5.88	7.59
120593	6:58	23.30	7.40	2.70	11.05	26.80	0.77	16.87	5.21	0.08	<0.39	26.88	4.84	5.37	0.53	2.09	1.29	2.59
260593	6:50	24.80	7.60	1.12	13.41	118.55	1.50	15.00	nd	0.12	<0.33	118.67	2.26	8.98	6.72	9.43	6.38	6.04
090693	6:40	nd	7.40	nd	17.71	19.90	1.12	20.00	7.10	0.14	0.53	20.57	3.25	8.11	4.86	6.30	6.07	5.58
230693	9:40	29.80	8.20	4.90	14.96	6.87	4.83	18.00	8.75	0.22	4.08	11.17	2.49	4.78	2.29	18.37	7.39	11.42
070793	7:20	26.30	7.00	1.05	17.59	67.68	3.29	26.80	7.00	0.29	0.44	68.41	nd	10.39	10.39	1.73	0.16	0.90
210793	7:25	28.90	7.30	6.30	5.48	18.63	2.40	20.60	4.60	0.31	14.04	32.98	1.67	21.26	19.59	1.88	0.92	1.31
Media		22.56	7.64	3.45	15.20	35.58	2.03	17.02	4.95	0.15	2.39	38.12	2.19	8.21	6.02	7.98	3.81	4.85
DesvStd		8.65	0.48	2.40	6.30	36.06	1.32	5.44	2.59	0.10	4.59	35.15	1.34	5.53	5.97	7.08	2.68	3.32
De																		
140493	8:40	23.30	9.10	5.40	24.83	22.60	1.40	8.20	2.70	<0.05	<0.33	22.60	1.33	1.97	0.64	2.86	2.05	1.01
280493	8:15	25.80	9.20	5.00	23.51	1.36	2.10	8.70	5.20	0.08	<0.39	1.44	1.91	3.28	1.37	4.08	1.93	0.66
120593	7:20	26.50	9.10	3.60	21.29	13.60	3.99	33.00	17.33	0.25	<0.39	13.65	0.68	3.26	2.58	13.28	8.04	8.95
260593	7:10	26.90	8.60	3.08	22.10	23.89	4.80	38.00	nd	<0.07	<0.33	23.89	0.47	6.17	5.70	23.58	18.21	13.58
090693	7:15	nd	8.00	nd	22.23	17.50	2.73	51.00	13.00	0.25	<0.33	17.75	0.47	4.24	3.77	22.73	17.98	11.69
230693	9:15	30.00	8.20	4.97	19.34	8.19	3.36	56.50	22.50	0.18	<0.41	8.37	0.48	4.59	4.11	45.18	31.34	26.90
070793	7:45	29.20	8.60	8.02	14.76	17.03	3.85	56.00	22.50	0.10	<0.41	17.13	nd	6.17	6.17	77.19	49.17	24.75
210793	7:40	30.00	8.60	6.10	15.16	16.30	5.60	63.30	22.67	0.24	<0.41	16.54	0.83	7.08	6.25	114.54	81.98	44.48
Media		23.96	8.68	4.27	20.40	15.03	3.48	39.34	13.24	0.14	0.00	15.17	0.77	4.60	3.82	37.93	26.34	18.54
DesvStd		9.31	0.41	1.90	3.48	6.89	1.30	20.10	8.86	0.10	0.00	6.86	0.56	1.65	2.02	36.88	25.74	13.86
Do																		
140493	8:20	24.10	9.10	5.20	24.16	8.70	1.10	6.40	3.20	0.05	<0.33	8.75	nd	1.28	1.28	2.50	1.15	0.03
280493	8:35	24.90	9.10	6.20	19.26	2.76	2.90	20.30	11.40	<0.05	<0.39	2.76	0.33	2.46	2.13	18.07	5.29	6.01
120593	7:30	26.50	8.50	3.80	18.07	5.48	3.08	28.33	8.33	<0.07	<0.39	5.48	0.40	1.94	1.54	10.51	5.97	6.36
260593	7:18	27.50	8.50	3.92	19.68	12.43	3.40	28.70	nd	<0.07	<0.33	12.49	0.75	4.10	3.35	21.31	16.65	11.56
090693	7:25	nd	8.20	nd	20.95	14.75	3.78	33.00	16.50	0.10	<0.33	14.85	0.51	4.00	3.49	20.14	19.61	13.13
230693	10:05	30.20	7.90	2.59	19.00	7.53	2.80	43.00	23.00	0.34	3.19	11.08	0.95	6.17	5.22	102.31	89.35	43.21
070793	7:55	29.90	8.10	3.57	14.28	67.68	6.30	46.00	25.50	0.24	<0.41	67.92	nd	9.91	9.91	109.96	65.53	38.85
210793	7:50	30.60	7.90	5.20	15.02	15.28	6.90	33.00	23.00	0.20	<0.41	15.48	1.90	9.57	7.67	144.41	103.87	53.62
040893	07:38	30.80	7.90	2.70	10.78	6.81	3.71	65.00	26.50	0.22	0.49	7.52	1.38	12.08	10.70	110.33	85.52	50.71
180893	07:35	29.50	7.70	3.00	6.54	0.00	4.90	62.00	27.50	0.17	<0.41	0.17	0.75	8.34	7.59	115.99	37.27	28.08
Media		25.38	8.29	3.62	16.87	14.15	3.89	38.57	16.49	0.13	0.37	14.65	0.70	5.99	5.29	65.55	41.02	25.16
DesvStd		8.76	0.47	1.65	4.97	18.45	1.64	17.07	9.64	0.11	0.95	18.38	0.57	3.60	3.30	52.32	35.35	19.15

10. Anexos

6.E. Granja Escutia. Ciclo primavera-verano

Fecha Ei	Hora	T (°C)	pH	OD (ml/l)	Salinidad (‰)	Amonio (µmol/l)	DBQ48 h (ml/l)	SST (mg/l)	PPI (mg/l)	NO2 (µmol/l)	NO3 (µmol/l)	Nt (µmol/l)	Pdis (µmol/l)	Ptot (µmol/l)	Ppert (µmol/l)	Clorofilas (µg/l)		
																a	b	c
10/03/93	13:25	27.90	7.80	3.35	29.31	76.50	0.00	7.60	0.80	0.07	3.92	80.49	0.72	0.77	0.05	12.48	8.86	6.13
17/03/93	12:05	28.10	7.80	4.46	34.01	32.70	1.77	5.80	2.30	1.01	7.98	41.69	0.59	2.11	1.52	8.99	8.76	8.56
24/03/93	11:59	28.00	8.70	nd	22.90	14.10	4.40	13.00	5.80	0.97	7.29	22.36	0.78	6.57	5.75	65.40	41.61	52.65
31/03/93	10:25	26.00	8.10	4.72	32.74	nd	1.05	11.10	5.40	1.00	6.11	7.11	1.02	1.22	0.20	5.40	2.35	3.12
14/04/93	14:15	26.80	8.20	7.10	29.75	12.80	1.70	16.80	7.40	0.51	<0.33	13.64	0.17	1.77	1.60	40.22	27.83	34.15
21/04/93	09:30	23.80	8.00	5.50	nd	30.11	0.30	11.80	4.80	1.48	4.97	36.56	1.28	2.73	1.45	10.33	9.76	7.20
28/04/93	12:50	27.10	8.10	6.40	30.72	27.76	1.10	20.20	6.90	0.65	1.48	29.89	1.73	2.23	0.50	23.23	13.51	10.71
19/05/93	10:50	24.90	8.00	6.30	40.56	16.71	2.45	19.10	6.90	0.14	<0.39	16.85	0.75	3.03	2.26	25.85	17.92	12.25
09/06/93	11:50	29.70	7.50	5.18	30.45	58.63	1.05	10.20	4.00	0.86	3.42	72.91	1.53	1.00	-0.63	12.59	10.82	8.24
16/06/93	10:58	29.70	7.70	6.44	29.85	4.01	3.36	27.50	13.00	0.30	0.83	5.14	0.62	1.48	0.86	66.56	53.42	29.22
23/06/93	13:15	30.90	7.70	5.81	31.67	23.06	3.22	17.70	10.50	0.64	3.23	26.93	0.44	2.91	2.47	69.05	36.49	31.24
07/07/93	11:58	30.70	7.90	6.16	31.20	13.79	3.78	20.70	12.70	0.87	0.58	15.24	nd	8.09	8.09	96.54	21.37	34.72
21/07/93	11:24	31.20	7.70	7.30	29.57	43.46	2.90	12.80	5.25	0.86	1.88	46.18	1.94	4.05	2.56	14.36	6.59	7.82
04/08/93	12:05	31.70	7.90	5.40	31.60	17.54	1.54	12.88	5.55	0.98	6.12	24.64	0.79	2.35	1.56	8.36	5.78	5.65
Media		28.32	7.94	5.29	28.81	27.23	2.04	14.80	6.51	0.74	3.41	26.45	0.89	2.91	2.02	33.08	18.93	17.92
Desv.Std.		2.35	0.28	1.79	8.77	21.56	1.28	5.63	3.42	0.37	2.64	18.01	0.55	2.05	2.16	28.32	14.84	14.49
EA2																		
14/04/93	14:30	28.20	9.20	13.80	34.93	10.30	6.40	23.00	16.00	<0.05	<0.33	10.30	0.79	3.69	2.90	32.72	23.24	16.23
21/04/93	09:40	26.90	9.00	4.60	nd	5.60	1.20	9.10	6.40	0.05	<0.39	5.65	0.64	3.07	2.43	8.65	4.65	3.88
28/04/93	13:30	31.00	8.70	6.90	34.96	10.22	1.70	10.70	5.90	<0.05	<0.39	10.22	0.51	3.01	2.50	6.47	2.64	3.52
12/05/93	12:30	29.50	8.80	6.40	35.85	9.20	3.78	44.00	22.00	0.06	<0.39	9.25	0.45	4.39	3.94	17.13	11.56	11.70
19/05/93	10:30	29.20	8.40	4.40	37.80	8.57	5.32	44.50	24.50	0.25	<0.39	8.82	1.16	5.81	4.65	26.68	20.15	12.39
26/05/93	11:13	29.20	8.40	5.04	39.93	18.38	6.20	46.00	nd	<0.07	<0.33	18.38	0.79	9.66	8.87	54.70	52.44	10.97
09/06/93	11:30	31.20	8.00	5.18	37.79	23.33	5.60	50.00	36.70	0.34	<0.33	23.67	1.81	9.90	8.09	64.49	51.29	30.44
16/06/93	11:06	31.60	7.80	4.27	39.49	6.96	5.60	78.80	42.80	0.75	1.14	8.85	2.39	12.64	10.25	100.30	58.95	39.07
23/06/93	13:30	33.00	8.00	7.77	40.16	11.21	0.56	109.00	79.00	0.53	1.23	12.97	3.18	10.29	7.11	211.54	76.36	96.42
07/07/93	11:50	31.80	8.70	11.06	34.77	11.10	7.56	60.70	44.00	0.39	<0.41	11.49	nd	10.68	10.68	294.07	186.03	57.61
21/07/93	11:35	32.60	8.10	6.10	33.96	13.39	6.40	75.00	55.00	0.45	<0.41	13.84	0.79	12.21	11.42	433.38	258.59	152.36
04/08/93	12:15	33.50	8.10	10.20	33.22	4.48	4.90	47.00	33.50	0.23	0.36	5.07	0.79	8.99	8.20	128.10	99.51	58.94
Media		30.64	8.43	7.14	33.32	11.06	4.60	49.82	30.48	0.25	0.23	11.54	1.11	7.86	6.75	114.85	70.47	41.13
Desv.Std.		1.95	0.43	2.91	10.26	5.09	2.19	27.52	21.93	0.23	0.44	5.01	0.87	3.47	3.19	127.99	75.05	42.97
EB3																		
10/03/93	13:00	27.20	8.60	4.92	34.23	19.50	0.00	5.30	1.00	0.07	0.68	20.25	0.72	1.77	1.05	3.62	1.75	2.78
17/03/93	11:50	27.50	8.80	4.98	34.72	5.70	1.67	14.00	5.40	nd	0.71	6.41	1.81	3.02	1.21	7.79	4.21	3.19
24/03/93	12:19	26.00	7.80	4.60	36.24	10.90	4.08	21.10	8.30	<0.05	<0.33	10.90	0.78	2.03	1.25	13.40	4.86	2.67
31/03/93	10:50	26.20	8.70	6.03	36.57	nd	0.92	18.10	12.10	<0.05	<0.33	0.00	0.43	3.98	3.55	22.77	14.95	7.88
14/04/93	14:45	29.00	8.80	7.60	34.93	0.00	5.20	42.50	18.00	<0.05	<0.33	0.00	0.07	5.02	4.95	31.71	26.13	25.75
21/04/93	09:55	26.70	8.60	5.40	nd	8.49	4.30	25.50	16.50	0.11	<0.39	8.49	0.55	5.16	4.61	39.65	24.57	14.76
28/04/93	13:15	30.00	8.60	7.10	34.69	14.14	2.80	27.60	19.10	<0.05	<0.39	14.14	0.56	3.42	2.86	27.39	19.48	7.78
12/05/93	12:50	30.30	8.40	7.60	35.58	6.16	3.99	26.33	17.00	<0.07	<0.39	6.16	0.63	3.75	3.12	22.60	14.53	15.50
19/05/93	10:20	27.90	8.40	6.10	35.24	9.35	5.60	46.50	24.00	0.15	<0.39	9.50	0.75	4.66	3.91	38.92	26.66	13.66
26/05/93	11:24	30.30	8.40	8.47	35.17	29.58	5.70	31.80	nd	0.25	<0.39	29.83	1.02	10.62	9.60	54.13	40.23	20.96
09/06/93	11:15	31.70	8.30	8.54	37.25	36.37	5.53	56.00	38.70	0.68	0.69	37.74	2.08	8.78	6.70	68.05	60.01	32.37
16/06/93	11:16	31.80	8.30	9.36	36.39	9.32	6.37	91.30	56.00	0.86	0.98	11.16	2.16	11.44	9.28	134.52	95.61	46.46
Media		28.72	8.48	6.92	32.58	12.46	3.85	33.84	18.01	0.18	0.26	12.88	0.96	5.30	4.34	36.71	27.75	16.15
Desv.Std.		1.99	0.26	1.46	9.86	10.61	1.98	22.01	15.31	0.28	0.37	10.87	0.65	3.09	2.78	33.91	25.78	12.82

FALLA DE ORIGEN

6.C. Granja Clementina. Ciclo primavera-verano

Fecha	Hora	T (C)	pH	OD (ml/l)	Salinidad (‰)	Amonio (µM)	DBO (ml/l)	SST (mg/l)	PFI (mg/l)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	NH (ml/l)	Pols (µM)	Plot (µM)	Ppart (µM)	a	Clorofila b (µg/l)	c
C1																		
100363	17:10	24.30	7.40	1.91	42.32	31.40	0.19	19.40	0.90	0.50	1.38	33.28	2.12	2.25	0.13	3.83	4.04	1.45
170363	15:40	27.80	7.70	2.75	40.42	27.50	0.50	23.50	3.10	0.44	1.77	29.71	1.95	3.12	1.17	4.23	1.70	3.17
240363	15:40	28.00	9.00	nd	41.09	14.40	2.93	22.90	1.20	0.24	0.99	15.63	1.47	2.85	1.38	5.22	1.66	1.80
310363	15:46	27.60	8.10	3.53	43.31	nd	1.29	20.40	16.20	<0.05	<0.33	0.00	1.43	2.67	1.24	7.37	2.63	4.25
140463	18:50	27.60	8.10	4.80	41.18	16.60	0.40	19.00	4.00	0.12	<0.33	16.72	0.60	5.86	5.06	4.69	3.37	6.65
210463	14:56	27.30	8.00	3.60	nd	9.77	0.00	21.00	5.80	0.43	<0.33	10.20	2.84	2.64	0.00	3.50	1.49	0.00
280463	16:50	30.40	8.20	4.40	41.77	14.42	0.40	13.00	2.70	<0.05	<0.39	14.42	1.19	1.63	0.44	5.54	3.20	4.00
120563	16:25	29.30	7.90	5.30	44.13	8.88	0.70	14.17	2.67	0.23	<0.39	9.11	2.30	3.61	1.31	8.05	2.82	4.67
190563	15:25	29.90	8.00	3.50	42.85	6.20	0.91	23.80	6.00	0.17	<0.39	6.97	1.85	3.65	1.80	5.84	1.94	3.46
260563	15:05	30.00	7.90	3.99	42.85	5.42	1.00	13.80	nd	<0.07	<0.33	5.42	1.20	3.08	1.88	3.42	1.48	1.81
030663	16:35	31.10	7.60	3.85	42.11	39.12	1.12	19.70	4.30	0.44	0.56	40.12	1.99	3.22	1.23	5.29	4.14	4.76
160663	15:45	32.20	7.70	3.50	43.40	3.12	0.98	23.80	7.60	0.32	0.21	5.45	2.36	2.48	0.13	5.89	2.03	3.03
040863	15:00	31.70	7.30	2.20	42.92	15.83	0.91	21.70	8.00	0.56	0.45	16.84	2.89	4.55	1.66	2.08	0.81	1.18
Media		28.94	7.82	3.33	39.10	14.82	0.87	19.69	4.81	0.27	0.55	15.64	1.84	3.19	1.34	4.98	2.41	3.10
DesvStd		2.08	0.41	1.32	11.33	11.13	0.70	3.70	4.06	0.19	0.71	11.51	0.62	0.89	1.24	1.57	1.00	1.75
C1																		
100363	16:35	27.50	8.90	7.19	45.14	48.90	3.43	23.30	6.90	0.07	1.49	50.46	2.25	3.56	1.31	15.78	12.61	10.01
170363	15:50	28.00	8.80	4.80	45.48	12.10	1.78	22.20	7.50	<0.01	0.17	12.27	2.35	5.17	2.82	7.47	5.30	3.28
240363	15:52	27.00	7.60	nd	47.62	12.40	3.48	40.80	11.70	<0.05	<0.33	12.40	2.07	4.35	2.28	15.33	6.65	8.10
310363	15:35	27.00	8.80	6.16	49.84	nd	3.85	38.80	20.40	<0.05	<0.33	0.00	1.02	0.58	0.00	9.48	5.99	5.41
140463	18:40	27.10	8.80	8.30	48.52	8.50	4.40	39.60	13.20	0.13	nd	9.03	1.52	2.51	0.99	14.61	7.62	11.97
210463	13:03	29.20	8.60	6.90	nd	4.24	2.90	17.70	7.40	0.76	<0.39	5.00	1.55	5.96	4.43	7.89	3.44	5.51
280463	16:35	30.90	8.60	8.60	46.07	16.75	2.60	19.20	10.60	0.06	<0.39	16.81	3.49	3.93	0.44	12.28	4.06	5.52
120563	16:00	29.90	8.40	7.80	47.17	8.53	3.15	40.57	18.28	0.15	<0.39	8.68	2.02	4.54	2.52	15.07	7.36	10.52
190563	15:05	31.80	8.60	7.20	49.85	9.35	4.05	54.40	18.80	0.11	<0.39	9.46	1.62	7.11	5.49	15.70	9.15	8.45
260563	14:50	31.20	8.40	8.61	47.91	4.24	3.30	36.00	nd	<0.07	<0.33	4.24	1.43	6.37	4.94	18.38	10.53	13.35
030663	16:57	32.40	8.10	6.65	62.80	56.96	4.97	39.60	12.40	0.21	<0.33	57.17	1.16	2.01	0.85	14.95	11.88	4.53
Media		29.27	8.54	6.56	44.67	16.58	3.47	33.83	11.56	0.14	0.15	16.87	1.86	4.19	2.37	13.35	7.69	7.88
DesvStd		1.97	0.30	2.34	14.84	17.76	0.82	11.01	5.79	0.21	0.43	17.99	0.66	1.87	1.80	3.41	2.91	3.14
C8																		
100363																		
170363	16:25	29.50	9.30	6.65	41.95	10.00	2.58	40.60	8.00	0.13	0.75	10.88	1.99	6.79	4.80	28.30	15.70	14.03
240363	16:09	27.00	8.50	nd	43.78	12.00	4.54	51.20	4.70	<0.05	<0.33	12.00	1.11	4.20	3.09	8.39	1.95	5.49
310363	16:00	26.20	8.40	4.63	46.21	nd	2.60	63.30	17.50	<0.05	<0.33	0.00	0.61	4.08	3.47	7.81	3.56	2.04
140463	18:30	26.80	8.50	6.90	44.89	1.40	3.60	26.70	11.30	0.05	<0.39	1.45	nd	3.54	3.54	18.55	7.45	10.17
210463	13:20	29.40	8.40	7.50	nd	7.28	2.20	27.10	9.30	0.45	<0.39	7.73	0.55	4.24	3.69	26.48	6.99	12.80
280463	17:15	30.40	8.40	8.30	45.41	21.41	2.40	22.40	10.20	<0.05	<0.39	21.41	0.29	2.50	2.21	17.54	5.02	6.98
120563	16:50	29.90	8.30	7.80	46.90	8.52	2.80	33.71	14.86	0.17	0.46	9.15	1.19	2.39	1.19	26.02	7.96	9.81
190563	14:50	31.00	8.40	7.30	46.83	8.57	3.36	36.00	14.70	0.09	<0.39	8.66	0.24	3.51	3.27	15.32	8.28	10.21
260563	14:34	31.40	8.40	10.64	46.43	7.78	2.70	63.50	nd	<0.07	<0.33	7.78	0.24	5.30	5.06	18.12	9.57	12.86
030663	16:15	32.30	8.00	6.51	47.23	53.53	3.71	47.50	15.00	0.15	<0.33	53.68	0.42	2.89	2.27	12.11	10.82	10.12
160303	15:30	33.30	8.20	7.58	49.45	1.50	4.83	53.30	21.70	0.16	<0.33	1.86	0.30	4.06	3.76	26.80	6.84	11.99
Media		29.64	8.44	6.71	41.64	12.00	3.21	42.30	11.57	0.11	0.11	12.22	0.63	3.94	3.30	18.84	7.85	9.85
DesvStd		2.23	0.31	2.53	13.28	14.30	0.84	13.83	5.81	0.13	0.24	14.28	0.55	1.23	1.07	7.28	3.52	3.40

FALLA DE ORIGEN

Fecha	Hora	T(°C)	pH	OD (mg/l)	Salinidad (‰)	Amonio (µM)	DBOM5 h (mg/l)	SST (mg/l)	PPM (mg/l)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	NI (µM)	Pdhs (µM)	Ptot (µM)	Ppart (µM)	a	Cloro(flas b (µM)	c
S1																		
100393	11:05	24.00	8.40	1.81	40.27	19.50	1.67	28.00	12.60	0.26	4.29	24.05	2.79	7.46	4.67	31.14	21.04	17.33
170393	10:36	26.00	8.70	3.37	42.59	7.30	2.49	155.50	17.20	0.36	0.86	8.52	2.22	9.04	6.82	32.04	23.31	29.80
240393	09:40	26.00	8.70	nd	46.14	21.50	3.10	37.30	8.00	0.28	0.32	22.10	2.58	7.15	4.57	38.77	27.53	23.97
310393	12:15	26.10	8.60	3.90	49.86	nd	2.20	53.30	32.50	<0.05	<0.33	0.00	2.75	8.01	5.26	23.04	16.12	14.31
140493	12:45	28.00	8.70	5.70	53.98	17.30	4.80	47.60	13.30	0.81	0.35	18.46	2.29	6.00	3.71	15.25	13.25	10.71
210493	10:55	27.40	8.60	5.20	nd	4.15	3.10	73.50	14.40	0.12	<0.39	4.28	3.24	7.93	4.69	23.70	17.03	13.46
280493	14:30	31.00	8.80	9.00	56.05	19.83	2.90	58.70	17.10	<0.05	<0.39	19.83	1.96	3.83	1.87	22.72	15.13	13.60
120593	13:45	30.20	8.50	7.10	54.85	9.88	3.08	43.67	11.67	0.17	<0.39	10.05	1.37	3.61	2.24	24.89	17.39	18.19
190593	11:45	31.30	8.80	9.40	62.19	12.24	5.39	94.50	28.50	0.23	<0.39	12.47	0.75	5.77	5.02	62.83	46.73	33.80
260593	12:22	32.80	9.00	10.99	57.34	19.80	5.60	41.00	nd	0.50	<0.33	20.30	1.16	9.75	8.59	93.11	71.90	47.65
090933	12:37	33.40	8.30	2.10	46.89	68.63	2.73	12.60	6.80	0.56	0.92	70.11	5.06	6.12	1.06	12.13	9.60	9.31
Media		29.22	8.67	5.65	46.99	18.06	3.54	61.77	14.95	0.30	0.25	18.61	2.34	6.72	4.38	34.85	25.90	21.46
DesvStd		2.72	0.18	3.32	16.63	18.20	1.18	37.49	9.24	0.25	0.36	18.53	1.16	1.94	2.18	23.69	18.30	11.66
S8																		
170393	10:05	26.10	9.00	4.70	41.70	16.30	3.83	33.30	11.30	0.67	0.79	17.76	8.78	9.19	0.41	49.70	44.14	37.86
240393	10:40	27.50	8.90	nd	43.92	18.50	3.44	86.60	36.10	0.17	0.32	18.99	1.84	5.89	4.05	43.92	32.83	35.38
310393	12:00	26.00	8.70	5.29	46.31	nd	3.48	60.60	36.10	<0.05	<0.33	0.00	0.74	7.48	6.74	28.41	20.59	12.21
140493	13:10	28.00	9.00	8.90	49.94	4.90	5.20	76.00	30.00	0.59	<0.33	5.49	0.79	7.18	6.39	28.36	26.22	25.97
210493	10:35	29.40	8.70	6.80	nd	6.81	4.30	46.40	20.40	0.17	<0.39	6.98	0.82	6.71	5.89	30.57	22.93	18.42
280493	10:40	31.50	8.90	9.40	54.64	22.63	4.70	62.70	41.30	0.54	<0.39	23.17	2.09	5.58	3.49	26.51	21.53	17.51
120593	13:30	29.50	8.60	6.90	57.68	18.34	4.62	71.25	22.50	0.18	<0.39	18.52	1.33	4.15	2.82	18.80	17.16	15.95
190593	11:25	32.60	8.90	7.60	60.64	11.58	4.27	45.20	18.80	0.29	<0.39	12.27	2.03	5.43	3.40	33.19	31.49	19.92
260593	12:00	31.70	8.80	5.74	61.25	17.80	5.40	27.70	nd	0.23	<0.33	18.03	0.79	3.18	2.39	29.59	24.00	17.76
090593	12:20	33.60	8.60	9.17	65.62	53.53	5.46	47.00	23.00	0.21	<0.33	53.74	1.07	6.51	5.44	50.93	54.17	31.36
Media		29.59	8.81	6.43	48.17	17.08	4.47	55.88	23.95	0.31	0.11	17.50	2.03	6.13	4.10	33.90	29.51	23.23
DesvStd		2.55	0.14	2.65	17.75	13.91	0.71	18.00	11.87	0.21	0.25	13.92	2.31	1.62	1.90	9.92	11.03	8.40
S18																		
100393	11:30	25.20	8.60	2.81	39.22	5.50	1.59	32.10	2.90	0.35	1.28	7.13	1.58	6.87	5.29	37.43	32.49	24.03
170393	10:55	25.40	8.70	2.63	40.42	14.40	3.89	45.00	16.50	0.41	0.74	15.55	2.58	11.14	8.56	47.62	38.12	31.94
240393	11:10	25.50	8.70	nd	43.24	15.00	3.12	70.00	21.70	0.52	1.14	16.66	4.05	9.67	5.62	37.86	26.29	26.99
310393	12:40	24.10	8.50	2.86	46.48	nd	2.64	91.70	61.60	<0.05	<0.33	0.00	3.85	9.65	5.81	37.44	24.40	21.38
140493	13:30	28.50	8.60	6.80	53.50	nd	4.90	43.00	15.00	0.13	<0.33	0.13	3.25	9.15	5.90	29.90	26.54	15.26
210493	11:10	26.10	8.80	5.40	nd	5.28	5.20	32.80	15.20	0.19	<0.39	5.47	1.92	6.96	5.04	22.00	16.08	14.89
280493	14:40	29.40	9.00	7.30	56.12	12.36	4.90	51.80	32.80	<0.05	<0.39	12.36	1.69	4.96	3.29	24.11	13.02	15.37
120593	14:10	29.40	8.70	7.00	60.17	13.94	4.20	38.33	15.00	0.07	<0.39	14.01	1.42	4.39	2.97	24.79	17.91	23.70
190593	12:00	27.90	8.90	4.90	62.53	12.51	4.55	51.20	19.60	0.29	<0.39	12.80	0.98	4.85	3.87	27.61	24.52	16.44
260593	12:37	30.30	8.80	5.25	63.41	20.74	5.50	50.50	nd	<0.07	<0.33	20.74	1.02	8.11	7.09	40.82	36.83	23.16
Media		27.18	8.73	4.46	51.68	12.47	4.05	50.64	22.26	0.20	0.32	10.49	2.23	7.58	5.34	32.96	25.82	21.32
DesvStd		2.06	0.14	2.24	9.01	4.76	1.19	17.22	15.74	0.18	0.50	6.66	1.08	2.22	1.62	8.02	8.05	5.46

FALLA DE ORIGEN

Tabla 7.D. Granja Dimas. Ciclo otoño-invierno

Fecha	Hora	T (°C)	pH	OD (mg/l)	Sustancias p/p/l	Amonio (µM)	DB5Cr6 h (mg/l)	BST (mg/l)	FPi (mg/l)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	Nitro (µM)	Pete (µM)	Prot (µM)	Ppart (µM)	a	b (µg/l)	c
D5																		
040893	07:07	27.00	7.10	2.70	9.91	37.91	0.00	30.57	5.43	0.41	3.93	42.25	1.52	1.78	0.27	1.54	0.77	0.75
180893	07:02	28.40	7.50	7.00	2.29	7.12	0.42	95.20	13.60	1.01	13.74	21.87	3.53	8.01	4.48	1.85	0.78	0.00
010993	07:05	26.80	7.30	3.85	4.88	11.45	2.45	17.82	5.45	29.10	76.20	116.75	3.21	5.02	1.81	0.88	1.29	2.11
220993	07:05	27.70	7.40	2.94	8.89	11.72	0.21	30.87	7.87	1.17	107.40	120.29	1.48	3.57	2.09	1.55	1.37	2.27
061093	07:35	28.70	7.60	0.35	3.40	23.05	5.11	43.33	7.00	1.17	7.17	31.39	3.57	8.34	4.77	13.85	6.78	9.87
201093	07:10	26.30	7.70	3.71	4.03	36.33	0.91	28.33	12.87	0.88	9.95	47.18	3.07	5.86	2.79	8.38	0.29	3.26
031193	08:00	24.00	7.70	7.77	2.08	12.22	7.70	70.40	6.80	0.48	9.37	22.07	3.03	12.59	9.58	7.97	3.54	10.63
171193	07:15	22.00	7.70	4.48	4.29	17.50	1.26	28.00	4.25	0.44	9.84	27.78	2.71	3.71	1.00	3.54	1.57	4.72
011293	07:05	21.70	8.00	5.32	3.97	0.00	0.35	7.28	0.57	0.17	3.54	3.71	2.52	1.75	0.00	1.08	0.47	1.42
151293	07:05	19.90	7.80	6.93	12.11	1.10	0.58	7.80	2.93	0.52	5.82	7.44	2.11	2.54	0.43	2.74	0.48	1.90
291293	07:10	21.20	7.90	4.78	17.84	10.18	0.00	10.80	2.40	0.14	3.88	14.20	2.11	3.10	0.99	9.81	0.00	0.46
120194	07:00	18.50	7.70	5.04	20.74	21.27	0.77	9.47	2.00	0.17	4.48	25.92	1.89	0.78	0.00	2.00	1.48	4.04
280194	07:15	17.30	7.70	5.04	21.00	30.94	1.05	6.67	0.67	0.15	4.23	35.32	1.98	3.89	1.91	2.19	0.37	1.52
090294	10:45	21.20	7.40	5.74	24.53	0.95	1.54	15.87	3.87	0.10	2.99	4.04	1.43	2.49	1.06	5.46	1.53	0.00
Media		23.62	7.62	4.89	10.00	15.84	1.60	28.58	5.37	2.57	18.75	37.16	2.44	4.53	2.23	4.49	1.48	3.05
DesvStd		3.71	0.24	1.87	7.61	12.15	2.12	25.01	3.84	7.37	30.55	35.57	0.73	3.11	2.50	3.86	1.69	3.20
D6																		
040893	07:30	30.20	8.40	3.50	10.92	4.17	3.22	70.00	26.67	0.43	<0.41	4.80	1.16	8.76	7.60	58.88	45.53	29.71
180893	07:25	29.40	8.50	5.30	7.28	1.87	1.26	56.00	19.00	<0.07	<0.41	1.87	0.70	6.19	5.49	91.66	64.02	22.05
010993	07:25	29.30	8.30	4.62	7.75	8.50	4.20	85.33	28.67	0.50	1.43	10.43	0.43	4.93	4.50	72.69	52.30	40.19
220993	07:20	29.40	8.00	3.43	9.77	6.46	3.36	44.00	24.00	0.10	130.14	136.70	1.43	6.37	4.94	43.68	28.47	13.82
061093	07:50	29.80	8.50	3.85	9.77	15.29	5.88	66.00	22.67	0.29	2.26	17.84	1.20	10.49	9.29	256.54	75.52	68.24
201093	07:25	27.20	8.60	3.78	12.86	20.19	4.34	50.00	23.50	0.08	2.86	23.13	0.11	9.37	9.28	88.82	33.77	38.93
031193	08:15	24.30	8.10	6.02	10.53	10.54	6.40	150.00	36.00	0.68	3.96	15.18	1.16	9.04	7.68	139.79	51.30	36.42
171193	07:40	21.60	8.30	4.06	9.39	8.49	4.73	117.33	35.30	0.33	1.19	10.01	0.79	12.97	12.18	179.38	62.82	75.26
Media		27.85	8.34	4.32	9.78	9.44	4.17	79.83	26.98	0.34	23.64	27.47	0.87	8.52	7.64	116.44	51.72	40.20
DesvStd		2.92	0.19	0.88	1.65	5.55	1.51	34.28	5.67	0.20	47.64	41.78	0.42	2.44	2.44	67.11	14.78	20.12
D8																		
171193	07:30	22.50	8.90	5.60	6.37	10.85	2.24	18.57	1.43	0.36	0.51	11.52	1.18	4.58		6.18	4.56	12.45
011293	07:45	22.70	8.70	4.41	6.62	23.12	1.05	13.40	3.80	4.68	4.09	31.89	0.79	2.73	1.94	13.88	6.00	5.61
151293	07:25	21.20	8.70	6.58		3.10		6.50	3.50	3.77	0.36	7.23	0.11	1.79	1.68	5.19	3.59	3.84
291293	07:25	20.90	8.80	6.30	8.70	5.55	1.12	10.00	8.20	0.61	1.04	7.20	0.15	2.21	2.08	24.10	9.36	13.41
120194	07:15	20.40	8.80	5.67	10.40	16.96	3.29	18.00	12.33	<0.07	0.64	17.60	0.11	0.87	0.58	21.63	5.97	20.47
280194	07:30	19.30	8.70	5.04	12.99	9.59	3.22	10.67	5.33	1.17	<0.41	10.76	0.56	4.41	3.85	21.19	10.65	10.28
090294	11:17	21.80	8.40	5.53	18.08	1.82	3.43	40.40	16.40	0.32	2.07	4.21	0.75	1.79	1.04	33.25	2.76	4.09
Media		21.23	8.71	5.59	10.19	10.11	2.39	18.51	7.00	1.82	1.45	12.92	0.52	2.60	2.08	17.91	6.13	9.99
DesvStd		1.10	0.15	0.67	3.47	7.13	1.00	10.42	4.98	1.74	1.31	8.70	0.38	1.33	1.03	9.37	2.70	5.63

10. Anarós

7.E. Granja Escutia. Ciclo otoño-invierno

Fecha	Hora	T (C)	pH	OD (ml/l)	Salinidad (‰)	Amonio (ml/l)	DBO5M h (ml/l)	BST (mg/l)	PP1 (mg/l)	NO2 (ml/l)	NO3 (ml/l)	Nt (ml/l)	Pdis (ml/l)	Ptot (ml/l)	Ppart (ml/l)	a	Clorofila b (µg/l)	c	
E1																			
210793	11:24	31.20	7.70	7.30	28.57	43.46	2.90	12.80	5.25	0.86	1.86	46.18	1.94	4.50	2.56	14.36	6.59	7.82	
040893	12:05	31.70	7.90	5.40	31.60	17.54	1.54	12.88	5.55	0.98	6.12	24.64	0.79	2.35	1.56	8.36	5.78	5.85	
180893	12:15	31.20	7.60	6.40	29.85	40.99	0.14	2.20	7.00	1.04	4.20	46.23	5.24	1.98	0.00	4.65	2.42	1.02	
010993	11:45	30.20	8.20	5.25	31.87	23.46	1.68	23.60	11.20	1.80	13.26	38.52	15.06	0.79	0.00	4.30	3.14	2.58	
220993	13:20	31.40	9.50	6.86	27.62	35.38	0.07	16.22	8.22	1.81	51.47	88.66	53.28	1.20	0.00	22.12	16.63	9.84	
061093	14:05	32.30	7.80	5.18	32.22	27.31	3.15	7.60	6.40	0.53	7.61	36.45	8.14	0.88	0.00	12.05	3.90	12.72	
201093	13:45	31.00	8.90	4.83	32.59	58.48	2.94	20.22	7.78	0.33	5.19	64.00	5.52	1.11	0.00	6.13	1.99	5.41	
031193	14:00	26.40	7.90	6.93	31.65	14.22	7.90	14.75	3.25	0.72	<0.41	14.94	0.72	1.16	0.44	5.30	2.36	7.09	
171193	11:40	28.20	7.70	5.04	32.03	12.21	1.61	14.00	4.33	0.35	4.57	17.13	4.92	0.66	0.00	6.57	1.10	4.56	
011293	13:10	28.20	7.90	4.34	31.90	20.71	0.42	11.50	1.83	0.20	3.31	24.22	3.51	0.79	0.00	4.24	1.89	5.67	
151293	12:00	26.40	7.90	6.02	32.91	18.42	0.35	21.78	10.44	0.26	4.32	23.00	4.58	0.97	0.00	2.65	1.18	3.54	
291293	12:32	26.20	8.10	4.97	36.07	13.77	0.00	8.86	3.28	<0.05	3.58	17.35	3.58	0.11	0.00	1.77	0.78	2.36	
Media		29.70	8.09	5.71	31.57	27.16	1.89	13.87	6.21	0.81	9.59	36.69	8.94	1.38	0.38	7.71	3.98	5.71	
DesvStd		2.03	0.53	0.92	2.07	13.84	2.13	5.66	2.76	0.55	13.55	21.12	3.86	1.10	0.79	5.59	4.19	3.18	
EA2																			
180893	12:20	32.50	8.20	9.80	31.60	0.00	3.85	31.40	16.60	0.35	<0.41	0.35	0.35	0.66	0.31	30.99	19.88	13.40	
010993	11:55	32.10	8.90	13.30	33.56	5.35	4.48	11.33	9.78	<0.05	<0.41	5.35	0.00	0.29	0.29	33.33	30.27	22.87	
220993	13:35	32.60	8.60	13.23	29.11	6.90	0.63	47.33	45.33	0.37	8.78	16.05	9.15	0.93	0.00	56.89	38.84	30.45	
061093	14:20	34.00	8.70	10.50	30.20	17.88	7.21	28.00	20.00	0.66	1.89	20.43	2.55	1.43	0.00	112.94	29.39	53.89	
201093	14:15	31.70	8.80	11.34	33.41	27.78	4.34	33.33	30.00	0.09	<0.41	28.17	0.09	0.88	0.79	135.97	23.17	56.63	
031193	14:10	26.20	7.50	12.95	28.44	16.32	2.90	18.00	12.80	0.32	<0.41	16.75	0.32	1.16	0.64	73.09	21.59	25.46	
171193	11:50	28.20	7.60	7.00	32.28	10.45	5.81	36.50	28.50	0.08	<0.41	10.91	0.08	0.79	0.71	157.47	59.16	60.05	
011293	13:40	27.10	7.50	4.62	33.17	9.67	5.95	26.50	16.00	0.09	<0.41	9.76	0.09	1.16	1.07	166.67	42.56	66.24	
151293	12:10	25.30	7.20	1.40	33.80	0.93	5.95	52.00	32.67	0.07	<0.41	1.00	0.07	1.20	1.13	127.81	58.13	48.52	
Media		29.97	8.11	9.36	31.73	10.59	4.57	31.60	23.52	0.25	5.34	12.09	1.41	0.94	0.57	99.35	35.89	41.95	
DesvStd		3.06	0.63	3.95	1.91	8.36	1.86	12.14	10.78	0.20	3.45	8.68	2.84	0.32	0.41	49.28	14.09	17.96	
EB3																			
210793	11:48	34.20	8.70	10.10	33.42	4.46	5.70	26.80	21.20	0.17	<0.41	4.63	0.17	0.93	0.76	43.74	20.25	28.40	
040893	12:28	35.90	8.60	9.00	32.14	13.03	3.22	33.00	26.50	0.03	<0.41	13.06	0.03	1.16	1.13	34.87	24.89	13.06	
180893	12:35	33.20	8.30	10.30	26.14	0.92	5.53	90.50	40.00	0.07	<0.41	0.99	0.07	2.11	2.04	30.56	17.63	8.85	
010993	12:10	34.90	8.40	10.50	28.91	7.76	6.65	42.00	39.00	0.30	<0.41	8.06	0.30	1.27	0.97	56.47	43.76	27.39	
220993	13:45	30.80	8.50	12.81	24.46	40.86	2.73	42.50	32.50	1.33	5.78	47.97	7.11	2.62	0.00	251.36	169.94	84.59	
061093	14:30	35.60	9.10	12.74	27.74	15.14	6.93	78.00	22.00	0.61	1.73	17.48	2.34	1.47	-0.87	409.97	113.51	163.28	
201093	14:25	31.90	8.20	9.24	33.60	20.19	4.69	28.50	27.50	0.60	0.83	21.62	1.43	2.07	0.64	114.31	20.34	36.69	
031193	14:25	27.30	7.90	10.57	29.76	1.76	3.50	32.50	20.50	0.19	0.72	2.67	0.91	1.16	0.25	184.34	51.02	80.82	
171193	12:05	26.70	8.10	8.89	33.36	6.54	5.88	46.00	39.33	0.15	0.72	7.41	0.87	1.02	0.15	258.43	90.43	95.16	
011293	13:25	27.90	8.20	8.75	33.36	0.00	5.39	23.00	18.33	<0.05	<0.41	0.00	0.00	0.65	0.65	163.12	41.60	52.47	
151293	12:25	26.20	7.80	7.00	34.30	2.35	3.85	38.67	31.33	<0.05	0.14	2.49	0.14	0.29	0.15	116.89	55.08	58.99	
Media		31.78	8.35	9.99	30.65	10.27	4.92	43.77	28.93	0.38	1.65	11.49	1.22	1.34	0.53	151.28	58.95	58.15	
DesvStd		3.42	0.36	1.64	3.27	11.47	1.35	20.42	7.69	0.39	1.90	13.31	1.99	0.65	0.71	113.17	45.48	42.41	

FALLA DE ORDEN

10. Anexos

7.C. Granja Clementina. Ciclo otoño-invierno

Fecha	Hora	T (C)	pH	OD (ml/l)	Salinidad (%)	Amonio (µM)	DBO (ml/l)	SST (mg/l)	PPH (mg/l)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	NH (ml/l)	Pdis (µM)	Ptot (µM)	Ppart (µM)	a	Clorofila b (µg/l)	c
C1																		
040893	15:00	31.70	7.30	2.20	42.92	15.83	0.91	21.70	8.00	0.56	<0.33	16.39	2.89	4.55	1.66	2.08	0.81	1.16
180893	15:00	31.70	7.30	5.20	20.08	10.62	0.00	61.20	12.40	1.96	14.98	27.56	1.89	4.32	2.43	1.90	1.45	2.12
010993	15:15	30.90	7.40	3.36	22.10	8.50	1.26	30.40	12.40	0.60	0.69	9.79	1.66	0.86	0.00	2.61	1.25	2.16
220993	16:10	31.40	7.50	3.78	9.36	27.72	0.49	25.14	7.71	0.80	20.80	49.32	2.48	3.06	0.58	3.86	2.55	2.99
061093	16:50	32.40	7.30	3.43	21.94	nd	2.38	16.00	9.60	0.64	2.22	2.86	1.34	3.20	1.86	9.73	2.68	9.21
201093	16:35	30.90	9.60	3.57	29.57	21.28	0.42	48.00	18.50	0.39	<0.33	21.67	1.02	3.52	2.50	19.98	5.11	10.78
031193	16:40	26.30	7.10	4.20	30.96	23.40	6.60	9.82	2.91	0.63	3.53	27.56	1.65	3.20	1.55	5.30	2.36	7.09
171193	14:30	26.40	7.30	2.80	27.74	20.44	1.26	10.00	2.00	0.28	3.06	23.78	2.89	2.35	0.00	5.82	0.00	0.00
011293	16:45	25.20	7.20	2.31	32.28	24.32	0.30	9.60	1.33	0.70	<0.39	25.02	1.57	2.73	1.16	1.77	0.79	2.36
151293	16:00	24.30	7.30	3.78	36.44	11.92	0.35	18.40	5.60	0.54	1.20	13.66	1.02	1.98	0.96	2.12	0.94	2.83
291293	15:20	23.10	7.50	3.50	38.15	10.69	0.00	22.25	6.75	0.28	2.55	13.52	1.43	3.66	2.23	11.05	1.00	5.73
120194	14:15	22.90	7.40	2.80	39.98	24.18	1.54	24.00	3.20	0.60	5.27	30.05	1.66	0.86	0.00	0.78	0.00	0.00
260194	14:10	22.90	7.20	3.22	38.90	25.56	1.96	24.75	6.88	0.82	3.38	29.76	1.70	3.94	2.24	3.86	1.07	3.66
Media		27.70	7.49	3.40	30.03	19.71	1.34	24.71	7.48	0.68	5.77	22.38	1.78	2.94	1.32	5.45	1.54	3.85
DesvStd		3.69	0.62	0.76	9.27	6.52	1.68	14.42	4.69	0.40	6.31	11.20	0.59	1.13	0.91	5.15	1.32	3.25
C1																		
040893	14:40	36.60	8.60	11.80	39.22	11.32	1.82	18.00	7.80	0.43	0.32	12.07	3.21	7.82	4.61	4.75	1.47	2.12
180893	14:50	34.60	8.70	13.20	39.55	0.76	5.32	62.50	26.00	0.14	0.48	1.38	1.98	4.60	2.62	30.84	17.90	10.08
010993	15:05	33.60	8.30	10.22	28.37	9.05	5.67	35.50	28.50	0.20	<0.33	9.25	2.25	6.42	4.17	27.16	21.98	17.78
220993	15:40	32.80	9.70	11.20	23.31	9.31	3.22	44.50	24.50	0.56	18.96	28.83	0.75	3.15	2.40	66.15	40.79	49.25
061093	16:40	33.90	9.10	13.02	18.98	nd	5.53	86.67	28.67	0.37	5.39	5.76	0.70	8.53	7.83	190.45	96.45	81.90
201093	16:20	32.00	10.10	12.04	26.54	10.93	5.04	36.00	14.57	0.55	5.20	16.68	1.06	7.87	6.81	32.88	7.55	14.10
031193	16:30	27.00	8.50	13.93	29.70	9.83	2.90	37.60	23.60	0.29	2.87	12.99	1.43	8.11	6.68	139.74	53.13	9.31
171193	14:20	28.70	9.00	11.62	25.16	2.62	5.32	58.67	28.00	0.28	1.44	4.34	0.75	7.36	6.61	176.87	52.60	50.83
011293	17:05	27.10	8.50	8.12	29.51	0.64	4.68	65.50	28.00	0.17	<0.39	0.81	0.61	2.73	2.12	114.83	21.96	39.20
151293	15:50	26.80	8.20	9.17	33.67	1.85	4.13	42.67	11.33	0.08	0.82	2.75	0.38	4.60	4.22	64.97	19.19	22.63
291293	15:10	24.00	8.10	6.86	36.70	5.16	4.97	22.28	12.00	<0.05	1.12	6.28	0.56	4.78	4.22	45.38	10.77	18.00
120194	14:05	24.60	8.20	7.63	37.96	14.36	6.72	36.67	20.00	<0.05	0.53	14.88	0.15	1.32	1.17	35.66	14.67	13.57
260194	14:30	25.00	8.30	7.42	35.12	4.44	3.91	20.75	12.25	<0.05	0.81	5.25	0.34	3.38	3.04	26.74	11.00	10.18
Media		29.75	8.72	10.48	31.06	6.69	4.56	43.64	20.40	0.31	3.45	9.33	1.09	5.44	4.35	73.58	28.42	28.07
DesvStd		4.15	0.59	2.32	6.29	4.47	1.27	19.14	7.44	0.16	5.21	7.49	0.86	2.30	2.01	59.06	25.15	21.92
C8																		
180893	15:20	34.80	8.60	18.40	36.39	2.20	4.97	40.40	30.00	0.39	0.89	3.48	0.75	7.17	6.42	68.56	38.42	33.69
010993	15:30	33.80	8.40	8.40	27.49	12.37	4.20	32.50	25.50	0.10	<0.33	12.47	0.52	2.40	1.88	33.24	11.54	17.57
220993	16:20	32.60	8.60	9.38	19.67	10.52	3.15	43.00	24.00	0.48	8.13	19.13	0.47	0.34	-0.13	65.09	24.25	30.99
061093	17:10	33.50	8.80	10.22	14.63	13.47	5.32	55.33	26.67	0.39	1.95	15.81	0.34	4.32	3.98	101.39	20.78	42.95
201093	16:45	31.00	8.70	8.54	25.34	14.95	3.25	40.00	23.00	0.09	0.36	15.40	0.70	3.99	3.29	63.51	13.01	26.91
031193	17:05	27.30	8.00	9.17	29.95	2.28	5.50	26.40	17.60	0.14	0.83	3.25	0.43	3.76	3.33	65.67	12.81	18.53
171193	14:50	29.10	8.50	8.89	24.72	4.38	3.85	24.00	16.40	0.15	<0.33	4.56	0.43	3.85	3.42	49.26	9.15	20.67
011293	16:05	28.20	7.90	6.16	28.19	0.00	3.15	49.20	18.40	0.08	<0.33	0.08	0.52	3.85	3.33	79.83	18.49	46.47
151293	15:30	26.50	8.00	8.05	33.61	0.00	3.71	33.20	16.00	0.21	0.24	0.45	1.79	3.38	1.59	36.65	12.30	14.68
291293	14:50	24.80	8.10	7.00	36.13	6.70	4.13	22.28	11.71	<0.07	1.03	7.73	0.11	4.08	3.97	47.32	10.11	17.08
120194	13:50	24.80	8.20	6.86	38.46	17.57	6.23	50.00	23.60	0.16	1.91	19.64	0.29	0.34	0.05	41.33	9.99	23.32
260194	13:45	24.50	8.20	7.14	36.70	9.43	5.74	50.00	13.60	0.08	1.66	11.17	0.34	3.76	3.42	27.34	15.45	19.11
Media		29.24	8.33	9.02	29.27	7.82	4.43	38.86	20.54	0.21	1.89	9.43	0.56	3.44	2.88	56.60	16.36	26.00
DesvStd		3.63	0.29	3.05	7.09	5.82	1.03	10.69	5.45	0.14	2.28	6.80	0.41	1.74	1.73	20.54	8.01	10.04

Fecha	Hora	Temp (°C)	pH	OD (mm)	Salinidad (‰)	Amonio (µM)	DBO (mg/l)	SST (mg/l)	PPI (mg/l)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	Nit (µM)	Pdis (µM)	Ptot (µM)	Ppart (µM)	Clorofitas (µM)		
																a	b	c
S1																		
061093	12:55	34.80	8.50	7.21	1.26	10.13	5.32	12.33	10.33	0.10	<0.33	10.23	0.75	6.75	6.00	24.89	6.90	5.67
201093	12:25	33.50	10.50	7.49	6.49	21.77	6.10	21.67	13.00	0.11	<0.33	21.88	0.34	9.51	9.17	41.35	13.95	12.25
011293	12:10	26.70	8.90	8.19	8.01	13.89	2.03	48.67	14.40	<0.05	0.49	14.38	0.75	4.69	3.94	15.05	5.24	10.48
151293	13:15	28.50	9.30	12.81	8.89	3.18	4.83	81.00	40.00	0.04	<0.33	3.22	4.47	10.68	10.21	179.01	100.70	84.46
291293	11:33	25.80	8.70	5.81	12.23	6.84	5.67	30.00	10.00	0.21	<0.33	7.05	3.07	11.10	8.03	65.36	14.47	43.17
120194	11:35	24.20	8.50	4.13	13.81	18.19	6.93	33.71	14.00	0.37	<0.33	18.56	0.79	2.21	1.42	47.97	13.79	19.83
260194	11:40	23.50	8.50	4.27	17.09	7.28	4.62	46.40	14.40	0.08	0.33	7.69	0.75	5.77	5.02	54.10	26.71	34.53
230294	09:00	23.02	8.00	1.82	26.79	10.55	2.31	nd	nd	0.30	<0.33	10.85	2.39	5.91	3.52	34.76	8.50	18.75
Media		27.50	8.86	6.47	11.82	11.48	4.73	39.11	16.59	0.15	0.10	11.73	1.16	7.08	5.91	59.06	23.83	28.64
DesvStd		4.19	0.71	3.10	7.24	5.78	1.62	20.81	9.71	0.12	0.18	5.81	0.93	2.91	2.83	48.20	29.70	24.14
S8																		
061093	12:40	36.30	8.30	7.56	8.83	11.49	5.60	57.00	17.00	0.10	0.28	11.87	0.56	5.95	5.39	41.48	9.90	48.99
201093	12:10	33.30	9.60	7.07	8.13	26.04	0.63	53.50	18.00	0.16	8.13	34.33	0.84	6.65	5.81	44.40	14.27	12.35
011293	11:50	27.80	9.40	7.91	8.20	21.51	5.46	27.20	18.40	0.23	<0.33	21.74	0.61	9.65	9.04	125.55	77.79	77.67
151293	13:00	28.00	9.30	11.76	8.70	4.09	5.60	58.50	33.00	0.20	0.46	4.75	1.20	9.09	7.89	153.57	105.09	0.00
291293	11:05	25.20	9.10	7.63	10.02	6.45	5.67	52.50	29.50	0.14	0.90	7.49	2.52	9.74	7.22	153.25	29.28	52.27
120194	11:10	25.20	9.20	7.49	9.90	16.19	7.14	56.50	29.00	0.36	0.62	17.17	0.88	3.62	2.74	195.62	50.58	72.83
260194	11:30	24.20	9.20	8.33	11.29	8.43	7.21	37.50	20.00	0.76	1.23	10.42	0.61	10.26	9.65	94.80	53.17	42.54
230294	08:45	22.30	8.70	4.06	18.98	28.13	1.33	nd	nd	1.12	<0.33	29.25	1.66	7.64	5.96	122.63	27.66	54.76
Media		27.79	9.10	7.73	10.51	15.29	4.83	48.96	23.56	0.38	1.45	17.13	1.11	7.83	6.72	116.41	45.97	45.18
DesvStd		4.46	0.39	1.96	3.36	8.55	2.32	11.02	6.18	0.34	2.55	9.89	0.64	2.15	2.08	50.50	30.62	25.26
S18																		
061093	13:10	31.90	8.90	8.33	4.73	8.61	3.64	24.67	17.33	0.21	0.12	8.94	0.93	4.08	3.15	26.60	4.94	11.16
201093	12:35	30.20	7.90	3.57	5.35	27.63	1.05	17.40	4.80	0.88	<0.33	28.51	6.44	9.65	3.21	10.22	2.28	0.00
011293	12:25	26.30	8.70	5.53	7.50	8.07	1.61	24.44	7.78	<0.05	<0.33	8.07	3.21	6.75	3.54	18.80	7.00	6.32
151293	13:30	25.50	8.70	8.26	8.83	1.26	2.73	41.67	15.67	<0.05	<0.33	1.30	2.39	9.27	6.88	38.98	11.51	13.58
291293	11:45	24.00	7.80	3.01	10.09	5.94	1.54	30.28	7.43	<0.05	0.28	6.22	4.67	9.70	5.03	17.10	4.22	6.08
Media		27.38	8.40	5.74	7.30	10.30	2.11	27.69	10.60	0.23	<0.33	10.61	3.53	7.89	4.36	22.34	5.99	7.43
DesvStd		3.09	0.46	2.25	2.03	9.04	0.94	8.10	4.95	0.34	0.11	9.33	1.88	2.20	1.43	9.82	3.15	4.69

FALLA DE ORIGEN

Tabla 8. Diferencias de medias estadísticamente significativas (95%)

Ciclo	Granja D			Granja E			Granja C			Granja B	
Temperatura											
Ciclo p-v	D-08	D-08		E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	B-08
Ciclo e-l	D-08	D-08		E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	B-08
pH											
Ciclo p-v	D-08	D-08	D8-08	E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	
Ciclo e-l	D-08	D-08		E-2a2	E-2a3		C-01	C-08	C1-C8		
Oxígeno disuelto											
Ciclo p-v				E-2a2	E-2a3		C-01	C-08	C1-C8	B-08	
Ciclo e-l				E-2a2	E-2a3		C-01	C-08	C1-C8	B-08	
Salinidad											
Ciclo p-v	D-08	D8-08		E-2a2	E-2a3	Ea2-Ea3	C-01	C-08	C1-C8		
Ciclo e-l	D-08			E-2a2	E-2a3		C-01	C-08			
Amonio-amonaco (NH₄⁺/NH₃)											
Ciclo p-v				E-2a2	E-2a3		C-01	C-08			
Ciclo e-l	D-08			E-2a2	E-2a3		C-01	C-08			
Demanda biológica de oxígeno (DBO/68 h)											
Ciclo p-v	D-08	D-08		E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	
Ciclo e-l	D-08	D-08		E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	B-08
Sólidos suspendidos totales (mg/l)											
Ciclo p-v	D-08	D08		E-2a2	E-2a3		C-01	C-08			
Ciclo e-l	D-08			E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	
Pérdidas por ignición (mg/l)											
Ciclo p-v	D-08	D-08		E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	
Ciclo e-l	D-08			E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	
Nitrato (NO₃)											
Ciclo p-v				E-2a2	E-2a3		C-08				
Ciclo e-l				E-2a2	E-2a3		C-01	C-08			
Nitrato (NO₂)											
Ciclo p-v				E-2a2	E-2a3		C-08				
Ciclo e-l	D-08			E-2a2	E-2a3		C-08				
Nitrógeno total (Nt)											
Ciclo p-v				E-2a2	E-2a3						
Ciclo e-l				E-2a2	E-2a3						
Fósforo disuelto (µM)											
Ciclo p-v	D-08	D-08					C-08	C1-C8			
Ciclo e-l	D-08	D-08					C-01	C-08			
Fósforo total (µM)											
Ciclo p-v				E-2a2	E-2a3		C-01	C1-C8		B-08	
Ciclo e-l				E-2a2	E-2a3		C-01	C1-C8			
Fósforo particulado (µM)											
Ciclo p-v				E-2a2	E-2a3						
Ciclo e-l	D-08	D-08	D8-08	E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	B-08
Clorofila a (µg/l)											
Ciclo p-v				Ea2-Ea3			C-01	C-08			
Ciclo e-l	D-08	D-08	D8-08	E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	B-08
Clorofila b (µg/l)											
Ciclo p-v							C-01	C-08			
Ciclo e-l	D-08	D-08	D8-08	E-2a2	E-2a3		C-01	C-08		B-08	
Clorofila c (µg/l)											
Ciclo p-v				Ea2-Ea3			C-01	C-08			
Ciclo e-l	D-08	D-08	D8-08	E-2a2	E-2a3		C-01	C-08			

Tabla 9. Diferencia de medias estacionales estadísticamente significativas (95%)

Parámetro	Dimas			Escutia			Clementina			Simental		
	D1	D6	D8	E1	Ea2	Eb3	C1	C1	C8	S1	S8	S18
Temperatura			X									
pH					X							
OD						X		X				
Salinidad	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
DBO ₂									X	X		
SST	X	X	X									X
PPI		X	X			X		X	X			
P _{am}								X				
P _{at}		X				X						
P _{art}		X				X		X			X	
Clorofila a		X				X		X	X		X	
Clorofila b		X				X		X	X			X
Clorofila c		X				X		X	X			X

Tabla 12. Parámetros de calidad de agua: diferencias entre los niveles estimados en influentes y efluentes en granjas de acuicultura

Parámetros	Ciclo	Dimas		Escutia		Clementina		Simental	
		D6-D1	D8-D1	Ea2-E1	Eb3-E1	C1-C1	C8-C1	S8-S1	S18-S1
DBO	p-v	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)		
	o-l	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		(-)
SST	p-v				(+)		(+)		
	o-l	(+)		(+)	(+)				
PPI	p-v	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)		
	o-l	(+)	(+)	(+)	(+)		(+)	(+)	(-)
NH ₄	p-v	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		
	o-l	(-)		(-)	(-)	(-)	(-)		
NO ₂	p-v		(-)						
	o-l			(-)		(-)	(-)		
NO ₃	p-v	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)		
	o-l	(-)	(-)	(-)	(-)		(-)		
P _{disuelto}	p-v	(-)	(-)				(-)		
	o-l	(-)	(-)				(-)		(+)
P _{total}	p-v	(-)		(+)	(+)				
	o-l			(+)	(+)	(+)			
Clorofila a	p-v					(+)	(+)		
	o-l	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	
Clorofila b	p-v					(+)	(+)		
	o-l	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)
Clorofila c	p-v					(+)	(+)		
	o-l	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)

Tabla 10. Correlación entre parámetros de calidad de agua. Granjas C, S, D y E ($\alpha = 0.05$)

	Temp(a)	Temp(b)	pH(a)	pH(b)	OD(a)	OD(b)		Temp(a)	Temp(b)	pH(a)	pH(b)	OD(a)	OD(b)	Sal(a)	Sal(b)	Amo(a)	Amo(b)	DBP(a)	DBP(b)
Temp	C1-C1 C2-C2	C1-C1 C2-C2					Sal	C1-C1 C2-C2	C1-C1 C2-C2	C1-C1 C2-C2				C1-C1 C2-C2	C1-C1 C2-C2				
	S1-S1 S2-S2	S1-S1 S2-S2						S1-S1 S2-S2	S1-S1 S2-S2			S1-S1 S2-S2				S1-S1 S2-S2			
	D1-D1 D2-D2	D1-D1 D2-D2						D1-D1 D2-D2	D1-D1 D2-D2			D1-D1 D2-D2				D1-D1 D2-D2			
	E1-E1 E2-E2	E1-E1 E2-E2						E1-E1 E2-E2	E1-E1 E2-E2			E1-E1 E2-E2				E1-E1 E2-E2			
pH		C1-C1 C2-C2		C1-C1			NH ₄ ⁺											C1-C1 C2-C2	
	S1-S1 S2-S2							S1-S1 S2-S2				S1-S1 S2-S2				S1-S1 S2-S2			S1-S1 S2-S2
	D1-D1 D2-D2							D1-D1 D2-D2				D1-D1 D2-D2				D1-D1 D2-D2			
	E1-E1 E2-E2	E1-E1 E2-E2						E1-E1 E2-E2				E1-E1 E2-E2				E1-E1 E2-E2			
OD		C1-C1 C2-C2				C1-C1	DBO											C1-C1 C2-C2	
	S1-S1 S2-S2			S1-S1		S1-S1		S1-S1 S2-S2				S1-S1 S2-S2				S1-S1 S2-S2			S1-S1 S2-S2
	D1-D1 D2-D2					D1-D1		D1-D1 D2-D2				D1-D1 D2-D2				D1-D1 D2-D2			
	E1-E1 E2-E2	E1-E1 E2-E2				E1-E1		E1-E1 E2-E2				E1-E1 E2-E2				E1-E1 E2-E2			

FALLA DE ORIGEN

Tabla 10. Continuación

	Temp(pv)	Temp(e)	pH(pv)	pH(e)	OD(pv)	OD(e)	Sat(pv)	Sat(e)	NH ₄ ⁺ (pv)	NH ₄ ⁺ (e)	DBO(pv)	DBO(e)	SST(pv)	SST(e)		Temp(pv)	Temp(e)	pH(pv)	pH(e)	
Sal	C1-C1 C1-C1 C1-C1	C1-C1 C1-C1 C1-C1	C1-C1 C1-C1	C1-C1 C1-C1			C1-C1 C1-C1	C1-C1 C1-C1							PP1	C1-C1 C1-C1 C1-C1			C1-C1 C1-C1	
	S1-S1 S1-S1 S1-S1 S1-S1						S1-S1 S1-S1	S1-S1 S1-S1								D1-D1 D1-D1 D1-D1	D1-D1 D1-D1 D1-D1			D1-D1 D1-D1
	D1-D1 D1-D1	D1-D1	D1-D1	D1-D1			D1-D1 D1-D1	D1-D1								E1-E1 E1-E1 E1-E1				E1-E1 E1-E1 E1-E1
NH₄⁺									C1-C1 C1-C1						NO2	C1-C1 C1-C1 C1-C1			C1-C1	C1-C1 C1-C1
			S1-S1				S1-S1	S1-S1 S1-S1								S1-S1				S1-S1
																D1-D1				D1-D1
				E1-E1					E1-E1 E1-E1							E1-E1 E1-E1 E1-E1				E1-E1 E1-E1 E1-E1
DBO			C1-C1				C1-C1								NO3	C1-C1				C1-C1 C1-C1
	S1-S1 S1-S1 S1-S1 S1-S1		S1-S1 S1-S1		S1-S1 S1-S1 S1-S1		S1-S1 S1-S1 S1-S1													S1-S1
	D1-D1 D1-D1	D1-D1 D1-D1	D1-D1				D1-D1					D1-D1				D1-D1				
	E1-E1 E1-E1 E1-E1				E1-E1 E1-E1 E1-E1		E1-E1									E1-E1 E1-E1 E1-E1				E1-E1 E1-E1 E1-E1
SST							C1-C1 C1-C1	C1-C1							Ntot					C1-C1
							S1-S1			S1-S1						S1-S1				S1-S1
	D1-D1 D1-D1 D1-D1	D1-D1 D1-D1 D1-D1	D1-D1 D1-D1		D1-D1 D1-D1 D1-D1		D1-D1					D1-D1				D1-D1				D1-D1
	E1-E1 E1-E1 E1-E1		E1-E1 E1-E1		E1-E1 E1-E1		E1-E1					E1-E1 E1-E1				E1-E1 E1-E1 E1-E1				E1-E1 E1-E1 E1-E1

FALLA DE ORIGEN

Table 10. Continuación

PP1	OD(gw)	OD(gw)	OD(gw)	OD(gw)	OD(gw)	OD(gw)	OD(gw)	OD(gw)	OD(gw)	PP1	PP(gw)	NO2	NO2(gw)	NO3	NO3(gw)	NT	NT(gw)
			C-C1 C-C1 C-C1	C-C1 C-C1 C-C1						C-C1 C-C1							
		C-C2															
		S-S S18-S18 S-S						S18-S18		S-S S18-S18 S-S	S-S						
			D-D D-D	D-D D-D			D-D D-D			D-D D-D							
	E-E E-E						E-E E-EA2 E-EA2			E-E EA2-EA2 E-EA2	E-EA2						
	E-E E-E						E-E E-EA2 E-EA2			E-E EA2-EA2 E-EA2	E-EA2						
NO2	C-C C-C	C-C C-C1 C-C2	C-C1 C-C1	C-C1 C-C2				S18-S18		C-C		C-C					
			D-D							D-D D-D	D-D	D-D	D-D				
	E-E E-E	E-E E-E		E-E EA2-EA2 E-EA2			E-E EA2-EA2 E-EA2			E-E EA2-EA2 E-EA2	E-EA2						
NO3	C-C1 C-C1	C-C		C-C1 C-C1 C-C2								C-C C-C1 C-C2			C-C1 C-C2		
	S-S18		S-S S-S18 S-S18 S-S					S18-S18		S-S			S18-S18		S-S18		
			D-D				D-D			D-D		D-D D-D	D-D				
	E-E	E-E		E-EA2 E-EA2			E-E EA2-EA2			E-E EA2-EA2	E-EA2	E-E EA2-EA2 E-EA2	E-E E-EA2		E-EA2 E-EA2 E-EA2		
NT				C-C1 C-C1 C-C2	C-C1 C-C1 C-C2							C-C C-C1	C-C1		C-C1 C-C2	C-C1 C-C2	C-C1
	S-S18		S-S S-S18 S18-S18					S18-S18	S-S			S-S S18-S18	S18-S18	S-S S18-S18	S-S18		S-S S-S18
				D-D D-D	D-D D-D										D-D D-D	D-D D-D	D-D
							E-EA2 EA2-EA2 E-EA2			E-E EA2-EA2 E-EA2					E-EA2 E-EA2	E-EA2 E-EA2	E-EA2

FALLA DE ORIGEN

Tabla 10. Continuación

	Ymp(ge)	Ymp(ed)	Ymp(er)	Ymp(es)	Ymp(ge)	Ymp(ed)	Ymp(er)	Ymp(es)	Ymp(ge)	Ymp(ed)	Ymp(er)	Ymp(es)	Ymp(ge)	Ymp(ed)	Ymp(er)	Ymp(es)	Ymp(ge)	Ymp(ed)	Ymp(er)	Ymp(es)
Pdis		C-C1 C1-C1	C-C2				C3-C3		C-C1		C1-C1									C-C1
			S-S	S18-S18	S-S	S18-S18	S-S		S-S			S18-S18	S-S	S18-S18	S-S	S18-S18			S18-S18	
	D8-D8							D-D			D8-D8			D-D		D-D			D-D	
E-EB3	E-EB3	EA2-EA2 E-EB3	E-EB3		E-E EB3-EB3	EA2-EA2	E-E EB3-EB3	EB3-E	E-EB3 EB3-EB3						E-EA2 EA2-EA2			E-EA2 EB3-EB3	EA2-EA2 EB3-EB3	
Ptot			C3-C3		C-C3	C3-C3			C-C1 C1-C1				C1-C1							
	S-S					S-S														
	D8-D8 D-D8 D8-D8		D8-D8		D8-D8 D8-D8	D-D					D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	
E-EA2 EA2-EA2 EB3-EB3	E-E EA2-EA2	E-EA2 EA2-EA2 EB3-E			EA2-EA2 E-EB3				EB3-EB3	E-E E-EA2 EB3-EB3		EA2-EA2 EB3-EB3		EA2-EA2 EB3-EB3 E-EA2			EA2-EA2 EB3-EB3	EA2-EA2 EB3-EB3	EA2-E E-EA2 EB3-EB3	
Ppar1						C1-C1 C3-C3		C1-C1											C-C3	
					S-S										S18-S18					S-S
	D8-D8 D8-D8		D8-D8 D8-D8			D8-D8 D8-D8					D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	
E-EA2 EA2-EA2 EB3-EB3	E-E	E-EA2 EA2-EA2			EB3-EB3 EA2-EA2					E-E E-EA2 EA2-EA2 EB3-EB3		EA2-EA2 EB3-EB3		EA2-EA2 EB3-EB3			EA2-EA2 EB3-EB3	EA2-EA2 EB3-EB3	E-EA2	
Cloc a			C-C1		C-C1 C1-C1			C1-C1 C3-C3	C1-C1				C-C3		C-C1 C1-C1	C1-C1	C1-C1	C1-C1	C3-C3	
		S-S S-S	S-S		S18-S18 S-S		S-S					S-S			S-S	S-S S-S				
	D8-D8 D8-D8 D8-D8		D8-D8	D8-D8		D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8			D8-D8 D8-D8	D-D	D8-D8 D8-D8	D-D			D8-D8 D8-D8	D8-D8	D8-D8	D8-D8
E-EA2 EA2-EA2 EB3-EB3	E-E				EB3-EB3 E-EB3		E-E	E-E		E-E E-EA2 EB3-EB3				E-E E-EA2 EB3-EB3			EA2-EA2 EB3-EB3	EA2-EA2 EB3-EB3	E-EA2 EB3-E	

FALLA DE ORIGEN

Tabla 11. Granja D. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de ingreso y desecho.

Ciclo p-v	T (C)		pH		OD		Salinidad		Amonio		DBO48 h		SST		PPI		NO2	
	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di(%)	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di
140493	3.56	7.11	7.06	7.06	-18.18	-21.21	-13.60	-15.94	27.68	-50.85	55.56	22.22	-3.53	-24.71	0.00	18.52	-16.67	-16.67
260493	4.03	0.40	19.48	18.18	2.04	26.53	85.70	52.13	-84.07	-67.68	50.00	107.14	-17.92	91.51	23.81	171.43	80.00	-100.00
120593	13.73	13.73	22.97	14.86	33.33	40.74	92.67	72.58	-49.25	-79.55	418.18	300.00	97.96	89.95	232.63	59.88	212.50	-100.00
260593	8.03	10.44	13.16	11.84	175.00	250.00	64.80	46.76	-80.02	-89.46	220.00	126.67	153.33	91.33	nd	nd	-41.67	-100.00
090693	nd	nd	8.11	10.81	nd	nd	25.52	18.29	-12.06	-25.68	143.75	237.50	155.00	65.00	83.10	132.39	78.57	-28.57
230693	0.67	1.34	0.00	-3.66	1.43	-47.14	29.28	27.01	19.21	9.61	-30.43	-42.03	213.89	138.89	157.14	162.86	-18.18	54.55
070793	11.03	13.69	22.86	15.71	473.33	240.00	-16.09	-18.82	-74.84	0.00	17.02	91.49	108.96	71.64	221.43	264.29	-65.52	-17.24
210793	3.81	5.88	17.81	8.22	-3.17	-17.46	177.66	175.09	-12.51	-17.98	133.33	187.50	207.28	80.19	392.83	400.00	-22.58	-35.48
040893		13.33		11.27		0.00				-82.04				112.63	388.03			-83.34
180893		3.87		2.67		-57.14				-100.00		1066.67		-34.87	102.21			-83.17
Promedio	6.41	7.78	13.93	8.70	94.83	48.03	65.74	44.84	-33.23	-50.38	128.93	233.02	114.37	84.16	168.71	188.84	23.31	-47.28
Desv.Est.	4.87	5.28	8.31	6.80	179.44	117.08	64.13	81.80	44.89	39.34	142.28	329.58	87.38	88.01	137.43	138.88	98.81	48.89
Ciclo a-l																		
	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di(%)	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D6-Di	D6-Di	D6-Di	D6-Di	D6-Di
040993	11.85		18.31		29.63		10.19		-89.00		>100		128.98		391.16		4.88	
180993	3.52		13.33		24.29		217.90		-73.74		200.00		-41.18		39.71		-100.00	
010993	9.33		13.70		20.00		59.47		-25.76		71.43		378.84		426.06		-98.28	
220993	6.14		8.11		16.67		9.90		-44.88		1500.00		43.46		212.91		-91.46	
061093	3.83		8.97		1000.00		187.35		-33.67		15.07		52.32		223.86		-75.21	
201093	3.42		11.69		1.89		219.11		-44.43		378.92		76.49		85.48		-90.91	
031193	1.25		5.19		-22.52		406.25		-13.75		-16.88		113.07		429.41		-41.67	
171193	-1.82	2.27	7.79	15.58	-9.36	25.00	118.86	48.48	-51.49	-39.14	275.40	77.78	351.27	-36.27	730.59	-86.36	-25.00	-18.18
011293		4.61		8.75		-17.11		66.75		1441.33		200.00		84.07		568.67		2652.94
151293		6.53		11.54		-5.05	nd			181.82		nd		-14.47		19.45		625.00
291293		-1.42		11.39		32.35		-51.23		-45.48		>100		-7.41		158.33		335.71
120194		10.27		14.29		12.50		-49.86		-20.26		327.27		90.07		516.50		-58.82
260194		11.56		12.94		0.00		-38.14		-69.00		205.67		59.97		865.52		680.00
050294		1.89		13.51		-3.66		-34.45		91.58		122.73		157.82		346.87		220.00
Promedio	4.89	5.10	10.89	12.68	126.50	8.29	183.63	-9.74	-47.09	220.12	345.99	186.89	137.81	47.88	317.48	319.87	-44.29	833.81
Desv.Est.	4.36	4.88	4.19	2.24	353.58	17.71	133.46	82.89	24.82	848.97	528.45	95.25	149.46	69.84	223.96	299.87	84.68	834.88

FALLA DE ORIGEN

Tabla D. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de ingreso y desecho.

Ciclo p-v	NO3		Nt		Pdis		Ptot		P1-Pd		a		Clorofitas			
													b		c	
	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di
140463	0.00	0.00	27.25	-50.73	8.13		-10.86	-42.08	-34.69	30.61	-29.21	-38.12	-20.54	-55.43	-70.12	-59.11
260463	0.00	0.00	-83.14	-67.68	7.30		-81.46	-28.23	-46.17	-50.90	-23.66	-61.47	-17.94	-66.02	-6.87	-51.30
120593	0.00	0.00	-48.47	-79.61	-85.96		-91.74	-39.29	-63.87	366.79	190.57	536.11	402.87	523.26	362.79	245.56
260593	0.00	0.00	-80.04	-89.48	-79.20		-66.81	-31.29	-54.34	-15.18	-50.15	150.05	125.98	185.42	160.97	124.50
090693	-43.40	-37.74	-13.71	-27.81	-85.54		-84.31	-47.72	-50.68	-22.43	-28.19	260.79	219.68	195.88	223.06	115.05
230693	-89.95	-21.81	-25.07	-0.98	-80.72		-61.85	-3.97	29.08	79.48	127.95	175.99	524.98	324.09	836.43	135.55
070793	-6.82	-6.82	-74.96	-0.72	nd	nd		-40.62	-4.62	-40.62	-4.62	4361.85	5256.07	30631.25	40856.25	2650.00
210793	-97.06	-97.06	-49.65	-53.06	-50.30		13.77	-66.70	-54.99	-68.10	-60.65	5992.55	7581.38	8810.87	11190.22	3356.42
040893		-87.53		57.65			-9.21		574.86		400.21		7064.29		11006.49	6661.33
180893		-97.02		-98.85			-78.75		4.12		616.04		6189.73		4903.95	
Promedio	-29.98	-34.89	-43.50	-41.13	-52.33		-57.84	-33.58	29.13	29.30	126.79	1420.78	2928.89	5073.03	6937.99	800.86
Desv.Est.	42.10	42.60	38.18	48.61	42.77		38.61	20.92	194.19	181.13	234.35	2366.56	3416.87	10760.22	12728.93	1388.19
Ciclo o-4																
	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di	D6-Di	D8-Di
040893	-90.08		-8.60		-23.68		389.39		2714.81		3723.38		5812.99		3461.33	
180893	-97.16		-6.85		-80.17		-22.72		22.54		4854.59		8323.68		>100	
010993	-98.12		-26.15		-86.60		-1.79		146.62		8190.23		3964.26		1804.74	
220993	21.17		118.68		-3.38		78.43		136.36		2716.77		1978.10		508.81	
061093	-68.46		12.63		-66.39		25.78		94.76		1752.27		1017.16		605.69	
201093	-71.26		18.15		-96.42		59.90		231.90		961.10		11544.83		1094.17	
031193	-57.74		33.05		-61.72		-29.20		-17.57		1663.95		1349.15		242.62	
171193	-87.91	-94.82	6.84	8.49	-70.65	-57.20	240.60	23.45	1118.00	242.00	4967.23	74.01	3601.27	190.45	1494.49	163.77
011293		15.54		46.72		-68.65		56.00		-361.95		1209.43		1176.60		295.07
151293		-93.30		-1.58		-94.79		-29.53		290.70		89.42		680.43		91.58
291293		-73.20		19.44		-92.89		-28.71		108.08		145.67		>100		2815.22
120194		-85.71		10.11		-94.18		-11.84		-149.56		961.50		303.38		406.68
260194		-90.78		-2.70		-71.72		13.37		101.57		667.58		2778.38		576.32
090294		-30.77		57.77		-47.55		-28.11		-1.89		508.97		80.39		>100
Promedio	-68.70	-64.72	18.47	19.76	-61.15	-76.28	83.80	-0.77	868.18	34.14	3598.89	563.89	4738.18	868.27	1318.98	724.77
Desv.Est.	39.11	41.85	44.38	23.84	31.88	18.18	148.83	32.88	844.89	224.78	2366.41	470.06	3678.29	1017.86	1087.77	1038.80

FALLA DE ORIGEN

Tabla 11. Continuación.
 Granja E. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de ingreso y desecho.

Escutia	T (C)	pH			OD			Salinidad		Amonio		DBO/48 h		SST		PPI		NO2	
		Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei
100393			-2.51		10.26		46.87		16.79		-74.51		0.00		30.28		66.67		0.00
170393			-2.14		12.82		11.66		2.09		-82.57		-5.65		141.38		134.78		nd
240393			-7.14		-10.34		nd		56.25		-22.70		-7.27		62.31		43.10		-94.85
310393			0.77		7.41		27.75		11.70		nd		-12.38		63.06		124.07		-95.00
140493	5.22	8.21	12.20	7.32	94.37	7.04	17.41	17.41	-19.53	-88.28	276.47	205.68	36.90	152.96	116.22	143.24	-90.20	-90.20	
210493	13.03	12.18	12.50	7.50	-16.36	-1.82	nd	nd	-81.40	-71.80	200.00	1333.33	22.88	118.10	33.33	243.75	-96.62	-96.62	
280493	14.39	10.70	7.41	6.17	7.81	10.94	13.80	12.92	63.18	-49.06	54.55	154.55	47.03	35.63	-15.94	176.81	-92.31	-89.23	
190593	17.27	12.05	5.00	5.00	-30.16	-3.17	-6.80	-11.12	-48.71	-44.05	117.14	128.57	132.98	143.46	255.07	247.83	78.57	7.14	
90693	5.05	6.73	6.67	10.67	0.00	64.86	24.11	22.33	-66.01	-47.01	433.33	426.67	390.20	449.02	817.50	667.50	-60.47	-20.93	
180693	6.40	7.07	1.30	7.79	-33.70	45.65	32.29	21.91	73.57	132.42	66.67	89.58	186.55	232.00	229.23	330.77	150.00	166.67	
230693	6.80		3.90		33.73		26.81		-51.39		-82.61		515.82		652.38		-17.19		
070793	3.58		10.13		79.55		11.44		-19.51		100.00		193.24		248.48		-55.17		
210793	4.49		5.19		-16.44		18.87		-69.19		120.69		485.94		947.62		-47.67		
040893	5.68		2.53		88.89		5.13		-74.46		218.18		264.91		503.60		-76.53		
Promedio	6.19	4.69	6.68	6.46	20.77	23.31	15.83	16.70	-41.96	-38.62	160.44	231.33	213.66	136.67	378.66	237.85	-30.76	-32.56	
Estándar	4.82	6.85	3.88	6.34	50.11	24.20	11.84	19.13	45.79	67.55	147.92	410.39	200.57	131.75	334.29	237.74	81.87	93.04	
Ciclo o-I		Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei
210793			9.62		12.99		36.36		16.98		-89.74		96.55		109.36		303.81		-80.23
040893			13.25		8.86		66.67		1.71		-25.71		109.09		156.21		377.48		-96.94
180893	4.17	6.41	7.89	9.21	53.13	60.94	5.86	-12.43	-100.00	-97.76	2650.00	3850.00	1327.27	4013.64	137.14	471.43	-66.35	-93.27	
010993	6.29	15.56	8.54	2.44	153.33	100.00	5.30	-9.29	-77.20	-66.92	166.67	295.53	51.99	77.97	-12.68	248.21	-100.00	-83.33	
220993	3.82	7.64	-9.47	-10.53	92.86	86.73	5.39	-11.44	-80.50	15.49	800.00	3800.00	191.80	162.02	451.48	295.38	-79.56	-26.52	
061093	5.26	10.22	11.54	16.67	102.70	145.95	-6.27	-13.90	-34.53	-44.56	128.89	120.00	266.42	926.32	212.50	243.75	24.53	15.09	
201093	2.26	2.90	-1.12	-7.87	134.78	91.30	2.52	3.10	-52.50	-65.48	47.62	59.52	64.84	40.95	285.60	253.47	-72.73	81.82	
031193	-7.75	-3.87	-5.06	0.00	88.87	52.53	-10.14	-5.97	14.77	-87.62	63.29	55.70	22.03	120.34	293.85	530.77	-55.56	-73.81	
171193	0.00	1.77	-1.30	5.19	38.89	76.39	0.78	4.15	-14.41	-46.44	260.87	265.22	160.71	223.57	556.20	608.31	-77.14	-57.14	
011293	-3.90	-1.06	-5.06	3.80	6.45	101.61	3.98	4.58	-53.31	-100.00	1316.67	1183.33	130.43	100.00	774.32	901.64	-55.00	-100.00	
151293	-4.17	-0.76	-8.86	-1.27	-78.74	16.28	2.70	4.22	-94.95	-87.24	1600.00	1000.00	136.75	77.55	212.93	200.10	-73.08	-100.00	
291293																			
Promedio	0.67	5.61	-0.32	3.59	65.81	76.07	1.13	-1.66	-54.74	-63.27	767.49	974.90	250.25	546.83	323.70	421.30	-41.66	-66.83	
Estándar	4.91	6.30	7.63	8.30	70.43	35.10	5.62	8.83	38.25	35.60	920.15	1463.16	414.78	1176.16	236.89	237.73	35.03	57.88	

FALLA DE ORIGEN

Tabla 11. Continuación.
Granja E. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de ingreso y desecho.

Ciclo p-v	NO3		Nt		Pdis		Ptot		Ppart		Clorofitas					
	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	a		b		c	
	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei
100393		-62.65		-74.84		0.00		129.87		2000.00		-70.99		-80.25		-65.31
170393		-91.10		-84.62		206.78		43.13		-13.35		-20.39		-13.35		-51.94
240393		-95.47		-51.25		0.00		-69.10		-78.41		-79.51		-88.32		-94.93
310393		-94.60		-100.00		-57.84		226.23		1675.00		321.67		536.17		152.56
140493	0.00	0.00	-24.49	-100.00	364.71	-58.82	108.47	183.62	81.25	209.38	-18.65	-21.18	-16.49	-6.11	-52.47	-24.60
210493	-92.15	-81.89	-84.55	-76.78	-50.00	-57.03	12.45	89.01	67.59	217.83	-33.61	204.30	-50.31	151.74	-46.11	105.00
260493	-73.65	-73.65	-65.81	-52.69	-70.52	-67.63	34.96	53.36	400.00	472.00	-72.15	17.91	-80.48	44.19	-67.13	-27.36
190593	0.00	0.00	-47.66	-43.62	54.67	0.00	91.75	53.60	103.95	71.49	0.63	44.95	12.44	48.77	1.14	11.51
90893	-90.35	-79.62	-87.54	-48.24	11.04	27.61	890.00	778.00	-1384.13	-1183.49	412.23	440.51	374.03	454.62	269.42	292.84
160693	37.35	18.07	72.18	117.12	285.48	248.39	754.05	672.97	1091.86	979.07	50.71	102.13	10.35	78.98	49.01	77.19
230693	-61.92		-51.84		622.73		253.61		187.85		206.36		109.28		208.64	
070793	-29.31		-24.61		nd		32.01		32.01		204.61		770.52		65.93	
210793	-77.98		-70.03		-59.28		171.33		346.09		2917.97		3823.98		1848.34	
040893	-94.12		-79.42		0.00		282.55		425.64		1432.30		1621.63		907.52	
Promedio	-48.21	-58.11	-44.38	-51.49	128.78	24.14	263.12	216.08	135.21	436.28	509.91	94.65	657.80	108.79	318.43	36.37
Estándar	46.98	45.04	45.87	62.80	241.66	112.56	308.92	281.52	818.64	915.33	856.24	174.62	1233.09	217.66	610.95	120.90
Ciclo o-i																
	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei	Ea2-Ei	Eb3-Ei
210793		-79.03		-89.97		-52.06		36.00		102.73		204.60		207.28		283.17
040893		-93.83		-47.00		46.84		246.81		348.08		317.11		330.62		123.08
180893	-90.71	-90.71	-99.24	-97.86	-56.67	6.57	10.45	279.10	228.57	1050.00	566.45	557.20	721.49	628.51	1213.73	787.65
010993	-97.05	-97.05	-86.11	-79.08	-63.29	60.76	79.31	1741.36	457.14	4580.95	675.12	1213.26	864.01	1293.63	786.43	961.63
220993	-82.94	-88.77	-81.90	-45.89	-22.50	118.33	49.21	320.63	93.33	445.13	152.67	1036.35	133.55	921.89	209.45	759.65
061093	-75.16	-77.27	-42.37	-50.69	62.50	67.05	19.84	95.90	14.00	99.84	837.26	3302.24	653.59	2810.51	323.66	1183.85
201093	-92.49	-84.01	-55.98	-66.22	-20.72	86.49	202.10	271.17	313.51	363.51	2118.11	1764.76	1064.32	922.11	946.77	578.19
031193	0.00	84.62	12.12	-82.13	0.00	0.00	390.15	567.42	3218.75	4681.25	1279.06	3378.11	814.83	2061.86	259.10	1039.92
171193	-91.47	-84.25	-36.31	-56.74	19.70	54.55	793.94	705.30	1568.18	1356.06	2296.80	3833.49	5278.18	8120.91	1218.89	1767.54
011293	-88.22	-88.22	-59.70	-100.00	46.84	-17.72	1558.02	923.46	61250.00	38100.00	3830.90	3747.17	2151.85	2101.06	1068.25	825.40
151293	-90.97	-80.97	-95.65	-89.17	23.71	-70.10	1468.00	880.00	4816.67	30933.33	4723.02	4310.94	4828.27	4567.80	1270.62	1586.38
291293																
Promedio	-78.78	-71.75	-60.97	-73.18	-2.27	27.33	507.89	549.74	12710.65	8627.18	1831.04	2151.38	1834.23	2178.74	810.54	894.20
Estándar	30.21	52.20	35.46	20.58	45.26	58.82	621.94	484.51	24059.13	14041.85	1569.51	1578.00	1904.33	2346.99	436.94	485.56

FALLA DE ORIGEN

Tabla 11. Continuación.
Granja C. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de ingreso y egreso.

Ciclo p-v	T (°C)		pH		OD		Salinidad		Amonio		DBO/48 h		SST		PPI		NO ₃		
	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	
100393	13.17		20.27		278.44		6.66		55.73		1705.26		20.10		668.87		-86.00		
170393	0.72	6.12	14.23	20.78	74.55	141.82	12.52	3.79	-56.00	-63.64	256.00	416.00	-5.53	72.77	141.94	156.06	-100.00	-70.45	
240393	-3.57	-3.57	-12.22	-5.56	nd	nd	15.89	6.55	-13.89	-16.67	18.77	54.95	78.17	123.58	875.00	291.67	-100.00	-100.00	
310393	-2.17	-5.07	8.64	3.70	74.50	31.16	15.08	6.70	nd	nd	196.45	101.55	90.20	210.29	25.93	8.02	0.00	0.00	
140493	-1.81	-3.62	8.64	4.94	72.92	43.75	17.82	9.01	-46.39	-91.57	1000.00	800.00	108.42	40.53	230.00	182.50	8.33	-56.33	
210493	6.96	7.69	7.50	5.00	91.67	108.33	nd	nd	-56.80	-25.49	>100	>100%	-15.71	29.05	27.59	60.34	76.74	4.65	
280493	1.64	0.00	4.68	2.44	95.45	88.64	13.22	8.71	16.16	-48.47	600.00	500.00	47.69	72.31	292.59	277.78	>100	>100	
120583	2.05	-1.37	6.33	5.06	47.17	47.17	6.89	6.28	-3.94	-4.05	350.00	300.00	186.31	137.90	504.64	456.55	-34.78	-26.09	
190593	10.03	7.27	7.50	5.00	105.71	108.57	15.87	9.29	50.81	38.23	346.15	269.23	128.57	51.26	213.33	145.00	-35.29	-47.06	
260593	4.00	4.67	6.33	6.33	115.79	166.67	11.81	8.35	-21.77	43.54	230.00	170.00	164.71	366.91	nd	nd	0.00	0.00	
90693	4.18	3.86	6.58	5.26	72.73	69.09	49.13	12.16	45.60	36.84	343.75	231.25	101.02	141.12	188.37	249.84	-52.27	-65.91	
160693		3.42		6.49		116.00		11.64			51.92		392.86		123.95		185.53		-50.00
Promedic	3.20	1.76	7.16	5.40	102.89	92.12	16.49	8.25	-3.03	-8.63	504.84	323.58	82.18	124.51	324.61	201.43	-32.33	-41.32	
Desv.Est.	5.21	4.66	7.81	6.09	64.12	44.41	12.05	2.53	43.60	49.88	498.66	216.21	65.76	96.70	285.60	126.62	55.87	35.05	
Ciclo o-i																			
	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	Cl-O	C8-O	
4093	15.48		17.81		436.36		-6.82		26.49		100.00		-17.05		-2.50		-23.21		
18083	9.15	9.78	19.18	17.81	153.85	253.85	96.96	81.23	-92.84	-79.28	>100	>100	2.12	-33.99	109.68	141.94	-92.86	-80.10	
1093	8.74	9.39	12.16	13.51	204.17	150.00	28.37	24.39	6.47	45.53	350.00	233.33	16.78	6.91	129.64	105.65	-66.67	-83.33	
22093	4.46	3.82	29.33	14.67	196.30	148.15	149.04	110.15	-66.41	-62.05	557.14	542.86	77.01	71.04	217.77	211.28	-30.00	-40.00	
61093	4.63	3.40	24.66	20.55	279.59	197.95	-13.49	-33.32	nd	nd	132.35	123.53	441.69	245.81	198.65	177.81	-42.19	-39.06	
201093	3.56	0.32	5.21	-9.38	237.25	139.22	-10.25	-14.31	-48.84	-29.75	1100.00	673.81	25.00	-16.67	-21.24	24.32	41.03	-78.92	
31183	2.66	3.80	19.72	12.68	231.67	118.33	-4.07	-3.26	-57.99	-90.26	-56.06	-16.67	282.89	169.84	711.00	504.81	-53.97	-77.78	
171193	8.71	10.23	23.29	18.44	315.00	217.50	-9.30	-10.89	-87.18	-78.57	322.22	205.56	436.70	140.00	1300.00	720.00	0.00	-46.43	
11293	7.54	11.90	18.06	9.72	251.52	166.67	-8.58	-12.67	-97.37	-100.00	1463.33	950.00	582.29	412.50	2005.28	1283.48	-75.71	-86.57	
151293	10.29	9.05	12.33	9.59	142.59	112.96	-7.50	-7.77	-64.48	-100.00	1080.00	960.00	131.90	80.43	102.32	185.71	-65.19	-81.11	
291293	3.90	7.36	8.00	9.00	96.00	100.00	-3.80	-5.29	-51.73	-37.32	>100	>100	0.13	0.13	77.78	73.48	-100.00	-100.00	
120194	7.42	8.30	10.81	10.81	172.50	145.00	-5.05	-3.80	-40.65	-27.34	336.36	304.55	-52.79	108.33	525.00	637.50	-100.00	-73.33	
260194	9.17	6.99	15.28	13.89	130.43	121.74	-9.72	-5.66	-62.63	-63.11	99.49	192.86	-16.16	102.02	78.05	97.67	-100.00	-90.24	
Promedic	7.36	7.03	16.60	11.52	219.02	155.95	14.91	9.90	-61.00	-56.56	498.62	416.98	155.08	107.11	417.82	346.97	-56.06	-71.41	
Desv.Est.	3.52	3.46	6.88	7.52	80.20	46.04	50.21	42.52	30.66	42.84	497.32	345.81	217.17	126.54	602.89	374.15	43.60	20.28	

FALLA DE ORIGEN

Tabla 11. Continuación.
Granja C. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de ingreso y egreso.

Ciclo p-w	NO ₃		Ntot		Pdis		Ptot		Ppart		a		Clorofilas				
	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci
100383	7.97		51.62	-100.00	6.13		56.22		907.69	3592.31	311.49			212.13		590.34	
170393	-81.36	-57.63	-58.70	-63.38	20.51	2.05	65.71	117.63	141.03	164.10	76.60	569.03	211.76	823.53	3.47	342.59	
240393	-66.67	-66.67	-20.67	-23.22	40.62	-24.49	52.63	47.37	65.22	151.45	193.68	60.73	303.03	18.18	350.00	205.00	
310393	0.00	0.00	0.00	0.00	-28.67	-57.34	-78.28	52.81	-135.48	-100.00	28.63	5.97	127.76	35.36	27.29	-52.00	
140493	nd	0.00	-45.99	-91.33	153.33	-100.00	-55.65	-37.46	-80.43	-27.08	211.51	295.52	128.11	121.07	80.00	52.93	
210493	0.00	0.00	-50.98	-24.22	-41.29	-79.17	126.52	60.61	>100	>100	125.43	656.00	130.87	369.13	>100	>100	
280493	0.00	0.00	16.57	48.47	193.28	-75.63	141.10	53.37	0.00	-100.00	121.66	216.81	26.88	56.86	34.96	68.22	
120593	0.00	17.95	-4.72	0.44	-12.17	-48.26	25.76	-34.07	92.37	149.62	87.20	248.07	160.99	182.27	125.27	110.05	
190593	0.00	0.00	48.51	35.95	-12.43	-87.03	94.79	-3.84	205.00	181.11	188.84	162.33	371.65	326.80	144.22	195.09	
260593	0.00	0.00	-21.77	43.54	19.17	-80.00	108.82	72.98	162.77	-100.00	436.84	429.82	611.49	546.62	637.57	599.45	
90693	-41.07	-41.07	42.50	33.80	-41.71	-78.89	-37.58	-16.48	-30.89	205.69	182.61	129.92	186.96	161.35	-4.83	112.61	
180693		-83.58		-69.54		-87.23		63.71					367.49		236.95	295.71	
Promedio	-18.11	-21.00	3.97	-9.95	27.00	-65.09	45.46	34.18	132.73	58.32	176.77	285.50	224.51	261.55	198.83	192.98	
Estándar	32.55	34.51	40.01	48.90	77.40	30.68	74.40	49.66	293.39	135.78	115.35	204.89	158.18	245.33	242.00	184.64	
Ciclo o-i																	
	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	Cl-Ci	C8-Ci	
40893	-17.95		-26.36		11.07		71.87		177.71		128.37		81.48		82.76		
180893	-96.80	-94.06	-94.99	-87.37	4.76	-60.32	8.48	65.97	7.82	164.20	1523.16	3508.42	1134.49	2549.66	375.47	1489.15	
10993	-43.48	43.48	-5.52	27.37	35.54	-68.67	646.51	179.07	-621.25	-335.00	940.61	1173.56	1658.40	823.20	723.15	713.43	
220393	-8.85	-60.91	-41.55	-61.21	-69.76	-81.05	2.94	-88.89	313.79	-122.41	1613.73	1586.27	1499.81	850.98	1547.16	936.45	
61093	142.79	-12.16	101.40	452.80	-47.78	-74.63	166.56	35.00	320.97	113.98	1857.35	942.03	3498.88	675.37	789.25	366.34	
201093	1233.33	0.00	-23.03	28.93	3.92	-31.37	123.58	13.35	172.40	31.60	64.56	217.87	47.75	154.60	30.80	149.63	
31193	-16.70	-76.49	-52.87	88.21	-13.33	-73.94	153.44	17.50	330.97	114.84	2536.60	1139.06	2151.27	442.80	31.31	161.35	
171193	-52.94	-87.25	-81.75	-80.82	-74.05	-85.12	213.19	63.83	1324.07	-733.33	2939.00	746.39	>100	>100	>100	>100	
11293	0.00	0.00	-96.78	-99.68	-61.15	-66.68	0.00	41.03	82.76	187.07	6393.22	4410.17	2679.75	2240.51	1561.02	1869.07	
151293	-31.67	-67.50	-79.87	-96.71	-62.75	75.49	132.32	70.71	339.58	65.63	2964.62	1628.77	1941.49	1208.51	699.65	418.73	
291293	-56.08	-59.61	-53.55	-42.83	-60.84	-92.31	30.60	11.48	89.24	78.03	310.68	328.24	977.00	911.00	214.14	198.08	
120194	89.94	63.76	-50.48	-34.64	90.96	-82.53	53.49	-60.47	-246.25	-106.25	4471.79	5198.72	>100	>100	>100	>100	
260194	-76.04	-50.89	-82.36	-62.47	-80.00	-80.00	-14.21	-4.57	35.71	52.68	592.75	608.29	928.04	1343.93	178.14	422.13	
Promedio	67.98	-51.34	-45.21	-16.89	-38.87	-60.11	122.06	28.67	-24.68	-40.75	2025.88	1790.65	1508.92	1120.05	566.62	672.44	
Estándar	355.23	31.90	52.55	152.29	41.48	45.48	173.93	67.91	473.98	262.62	1850.76	1654.78	1043.37	756.44	562.27	591.66	

FALLA DE ORIGEN

Tabla 5. Continuación.
Granja S. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de egreso e ingreso.

Ciclo p-v	T (°C)		pH		OD		Salinidad		Amonio		DBO5/8 h		SST		PPt		NO2	
	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1	S8-S1	S18-S1
100393		5.00		2.38		55.25		-2.61		-71.79		-4.79		14.64		-76.98		34.62
170393	0.38	-2.31	3.45	0.00	39.47	-21.96	-2.09	-5.10	123.29	97.28	53.82	56.22	-78.59	-71.06	-34.30	-4.07	86.11	13.89
240393	5.77	-1.92	2.30	0.00	nd	nd	-4.81	-6.29	-13.85	-30.23	10.97	0.65	132.17	87.67	351.25	171.25	-39.29	85.71
310393	-0.38	-7.66	1.16	-1.16	46.94	-20.56	-7.10	-6.76	nd	nd	58.18	20.00	13.70	72.05	11.09	89.54	-100.00	0.00
140483	0.00	1.79	3.45	-1.15	56.14	19.30	-7.48	-0.89	-71.68	-100.00	8.33	2.08	59.66	-9.66	125.56	12.78	-27.16	-83.95
210483	7.30	-4.74	1.16	2.33	26.92	3.85	nd	nd	63.70	26.92	38.71	67.74	-36.87	-55.37	41.67	5.58	41.67	58.33
290483	1.61	-5.16	1.14	2.27	4.44	-18.89	-2.52	0.12	14.12	-37.67	62.07	68.97	6.81	-11.75	141.52	91.81	980.00	0.00
120693	-2.32	-2.65	1.18	2.35	-2.82	-1.41	5.16	9.70	85.63	41.09	50.00	38.36	63.16	-12.23	92.80	28.53	5.88	-58.82
190693	4.15	-10.86	1.14	1.14	-19.15	-52.13	-2.49	0.55	-2.12	2.21	-20.78	-15.58	-52.17	-45.82	-34.04	-31.23	26.09	26.09
290693	-3.35	-7.62	-2.22	-2.22	-47.77	-52.23	6.82	10.59	-10.10	4.75	-3.57	-1.79	-32.44	23.17	nd	nd	-54.00	-100.00
090693	0.60		3.61		336.67		39.94		-22.00		100.00		273.02		238.24		-62.50	
Promedi	1.38	-3.61	1.64	0.59	49.98	-9.86	2.63	-0.08	18.54	-7.50	35.77	22.99	34.85	-0.84	103.75	31.91	85.68	-2.41
Dev.Est	3.41	4.68	1.73	1.74	112.95	34.05	14.76	6.38	60.85	60.09	36.47	32.00	104.86	51.87	128.38	74.61	319.02	60.80
Ciclo o-l																		
061093	4.31	-8.33	-2.35	4.71	4.85	15.53	600.79	275.40	13.43	-15.00	5.26	-31.58	362.29	100.08	64.57	87.78	0.00	110.00
201093	-0.60	-9.85	-8.57	-24.76	-5.61	-52.34	25.27	-17.57	19.61	26.92	-89.67	-82.79	146.89	-19.70	38.46	-63.08	-45.45	700.00
011293	4.12	-5.24	5.62	-2.25	-3.42	-32.48	2.37	-6.37	54.86	-41.90	168.97	-20.69	-44.11	-49.78	27.78	-45.97	-41.03	0.00
181293	-1.75	-10.53	0.00	-6.45	-8.20	-35.52	-2.14	-0.67	28.62	-80.38	15.94	-43.48	-27.78	-46.56	-17.50	-80.83	400.00	0.00
291293	-2.33	-6.98	4.60	-10.34	31.33	-8.19	-18.07	-17.50	-5.70	-13.16	0.00	-72.84	75.00	0.93	195.00	-25.70	-33.33	-100.00
120194	4.13		8.24		81.36		-28.31		-11.00		3.03		67.61		107.14		-2.70	
260194	2.98		8.24		95.08		-33.94		15.80		56.06		-19.18		38.89		850.00	
230294	-3.13		8.75		123.08		-29.15		166.64		-42.42						273.33	
Promedi	0.97	-8.19	3.06	-7.82	39.81	-30.60	64.60	46.66	35.28	-20.70	14.65	-50.27	80.10	-3.41	64.91	-25.56	188.47	142.00
Dev.Est	3.22	2.14	6.20	10.99	52.43	27.10	217.57	128.08	56.83	33.09	75.69	25.63	142.12	61.61	88.62	54.26	312.58	320.68

FALLA DE ORIGEN

Tabla 11. Continuación.
Granja S. Parámetros de calidad de agua: diferencias porcentuales entre aguas de egreso e ingreso.

Ciclo p-v	NO3		NH		Pdis		Ptot		Ppart		Clorofitas					
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
	SB-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI
100303		-70.18		-70.35		-43.37		-7.91		13.28		20.20		54.42		34.77
170303	-8.14	-13.95	108.45	82.51	295.50	18.22	1.68	23.23	-93.99	25.51	52.00	46.63	89.38	63.53	27.05	7.18
240303	0.00	256.25	-14.07	-24.62	-28.88	56.88	-17.62	35.24	-11.38	22.98	13.28	-2.35	19.25	2.78	47.60	12.60
310303	0.00	0.00	0.00	0.00	-73.09	40.00	-6.62	20.80	28.14	10.46	23.31	62.50	27.73	51.38	-14.68	49.41
140403	-5.71	-5.71	-70.26	-89.30	-65.50	41.92	19.67	52.50	72.24	59.03	85.97	98.07	97.89	100.30	142.48	42.48
210403	0.00	0.00	63.08	27.80	-74.89	-40.74	-15.38	-12.23	25.59	7.48	28.99	-7.17	34.64	-5.58	36.85	10.62
280403	0.00	0.00	16.84	-37.67	6.63	-13.78	45.69	30.03	86.63	75.94	18.68	8.12	42.30	-13.95	28.75	13.01
120503	0.00	0.00	84.28	39.40	-2.92	3.65	14.98	21.61	25.89	32.59	-24.47	-0.40	-1.32	2.99	-12.31	30.29
190503	0.00	0.00	-1.60	2.65	170.67	30.67	-5.89	-15.94	-32.27	-22.81	-47.17	-56.08	-32.61	-47.53	-40.71	-51.07
260503	0.00	0.00	-11.18	2.17	-31.90	-12.07	-67.38	-16.82	-72.18	-17.48	-68.22	56.18	-88.62	-48.78	-62.73	-51.40
090603	-64.13		-23.35		-78.85		6.37		413.21		319.87		464.27		238.64	
Promedk	-7.80	16.64	15.22	-7.74	11.72	7.85	-2.46	13.03	44.19	20.89	40.02	11.14	67.49	15.85	38.91	9.79
Desv.Est	20.01	86.95	54.38	53.10	124.00	35.06	29.53	24.45	141.92	30.52	108.38	48.37	148.02	49.48	89.89	35.21
Ciclo e-l																
	SB-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI	S6-SI	S18-SI
061003	0.00	0.00	16.03	-12.61	-25.33	24.00	-11.85	-39.56	-10.17	-47.50	66.65	6.87	43.48	-26.41	784.02	96.83
201003	1984.62	0.00	56.90	30.30	147.06	1794.12	-30.07	1.47	-36.64	-64.99	7.38	-75.28	2.22	-83.67	0.73	-100.00
011203	-20.41	-20.41	51.18	-43.88	-18.67	328.00	105.78	49.92	129.44	-10.15	734.22	24.92	1384.54	33.59	841.13	-39.89
151203	17.95	0.00	47.52	-59.63	156.32	408.51	-14.89	-13.20	-22.72	-32.62	-14.21	-78.22	4.36	-88.57	-100.00	-83.92
291203	130.77	0.00	6.24	-11.77	-17.92	52.12	-12.25	-12.61	-10.09	-37.38	134.47	-73.84	102.35	-70.84	21.08	-85.92
120104	58.97		-7.49		11.39		63.80		92.96		307.80		288.79		267.27	
260104	272.73		35.50		-18.67		77.82		92.23		47.89		99.06		23.20	
230204	0.00		169.59		-30.54		29.27		69.89		252.79		210.79		192.05	
Promedk	305.58	-4.08	46.93	-19.52	25.33	521.35	25.95	-4.00	38.11	-38.52	192.12	-39.11	264.20	-47.58	226.19	-42.54
Desv.Est	685.29	9.13	54.60	34.61	78.89	731.03	50.99	30.62	64.62	20.14	247.13	50.64	482.35	51.18	317.31	81.13

FALLA DE ORIGEN

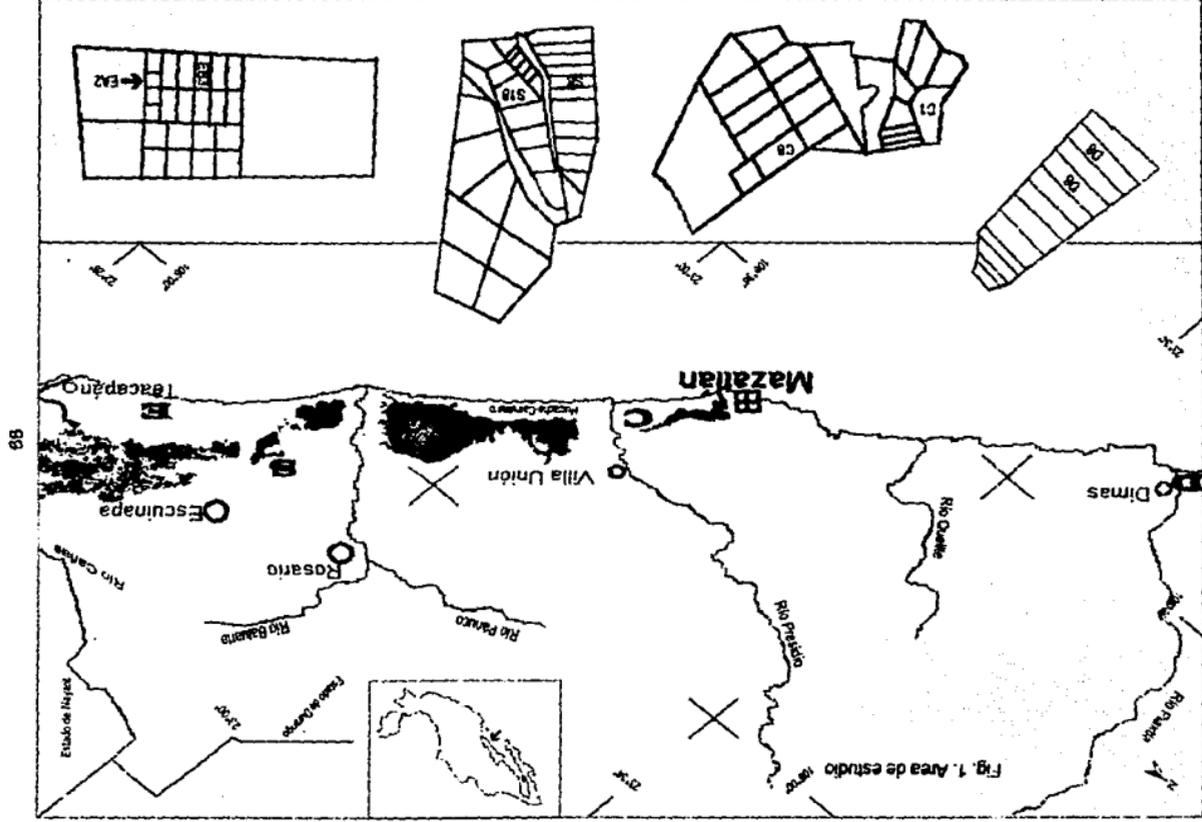
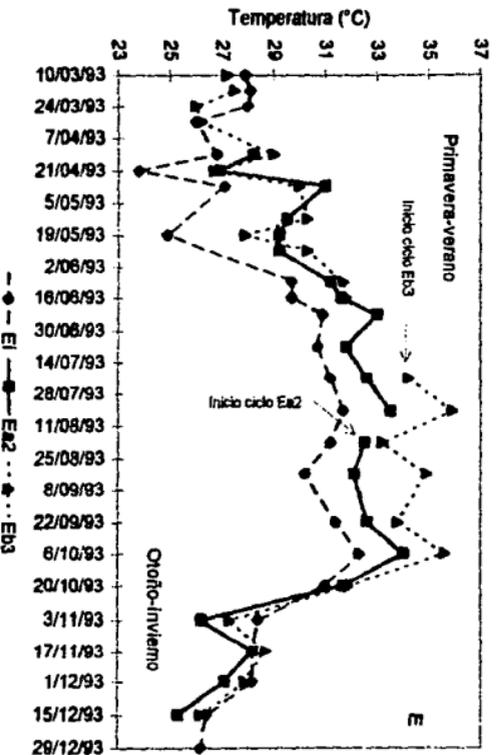
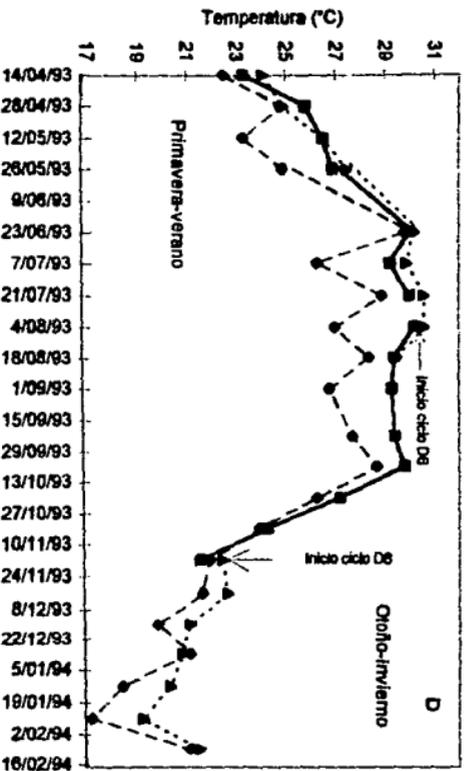
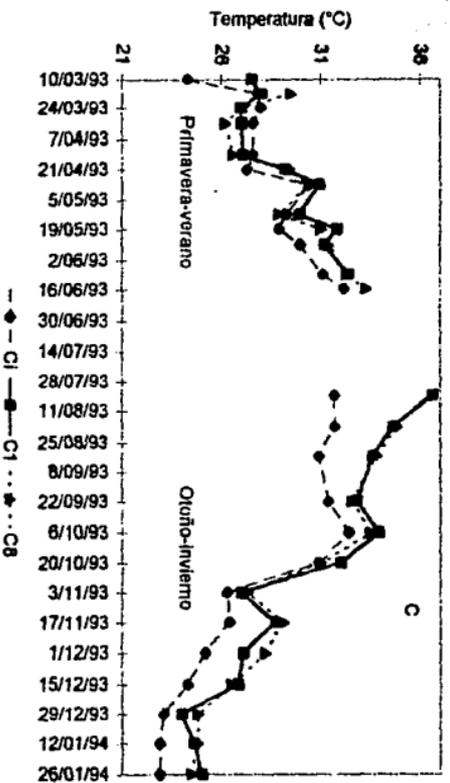
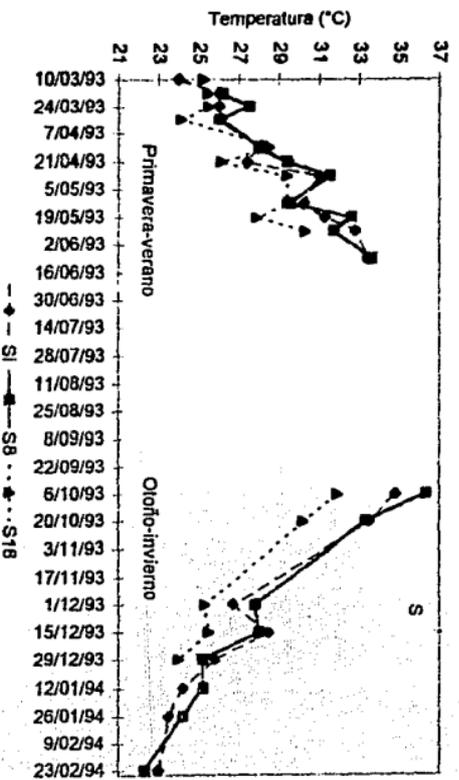


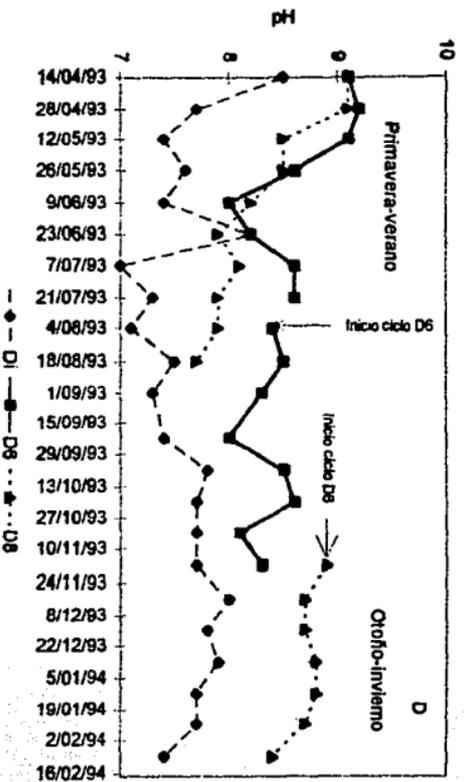
Fig. 1. Área de estudio. Se presenta la localización geográfica de las cuatro grandes de estudio y el plano de la distribución interna de las mismas



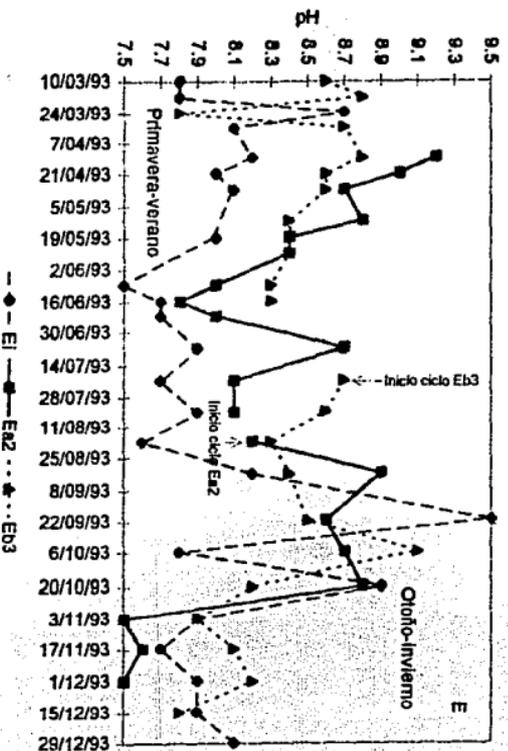


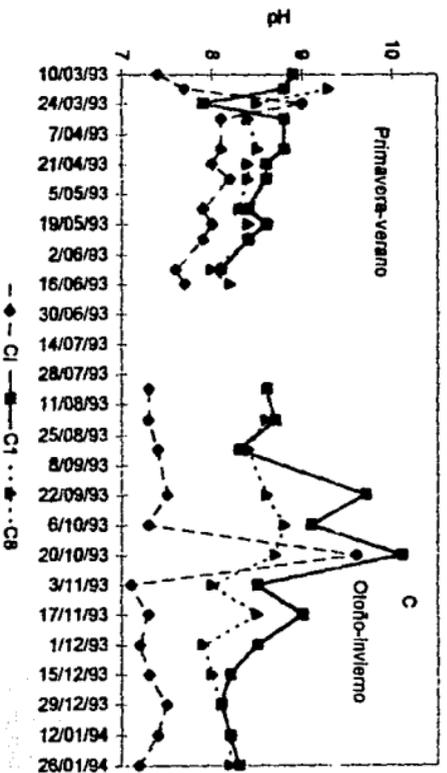
Figs. 2. C y S. Variación de la temperatura en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



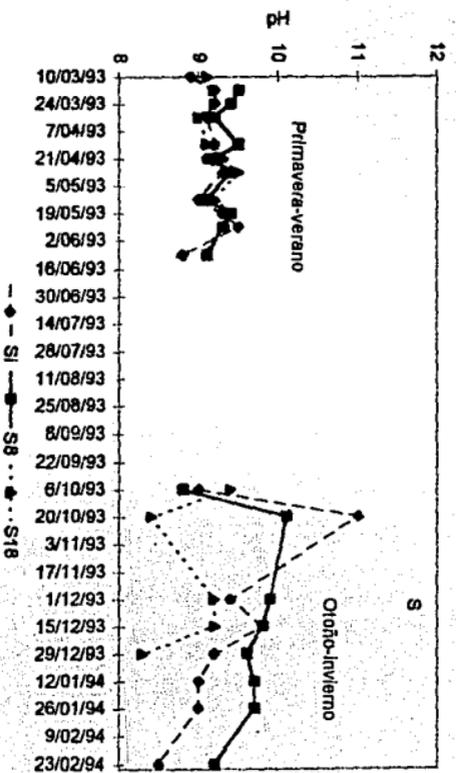


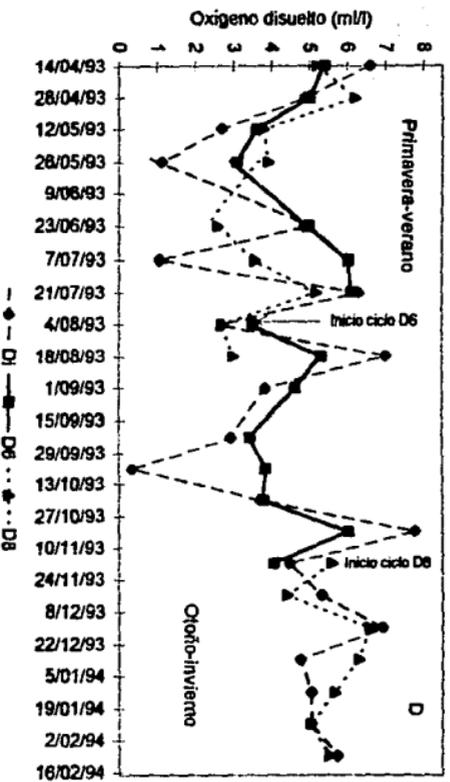
Figs. 3. D y E. Variación del pH en función del tiempo en las granjas intensivas.



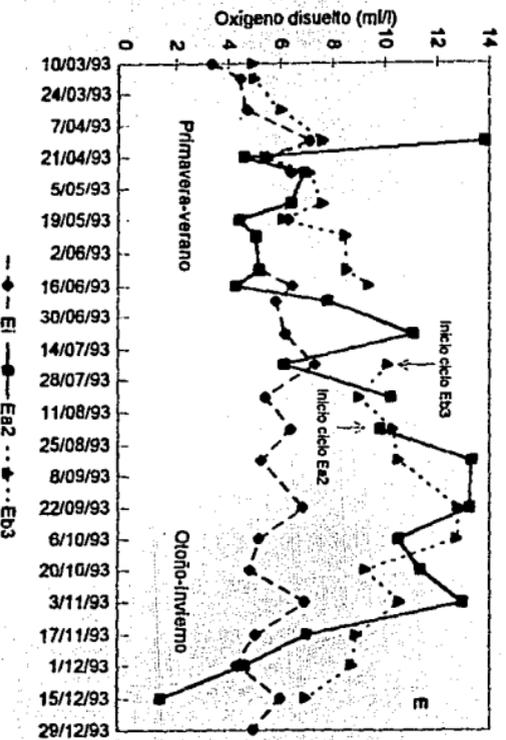


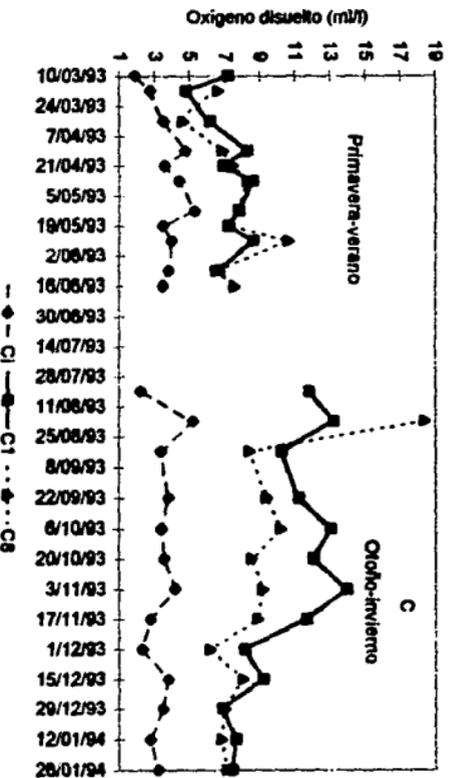
Figs. 3.C y S. Variación del pH en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



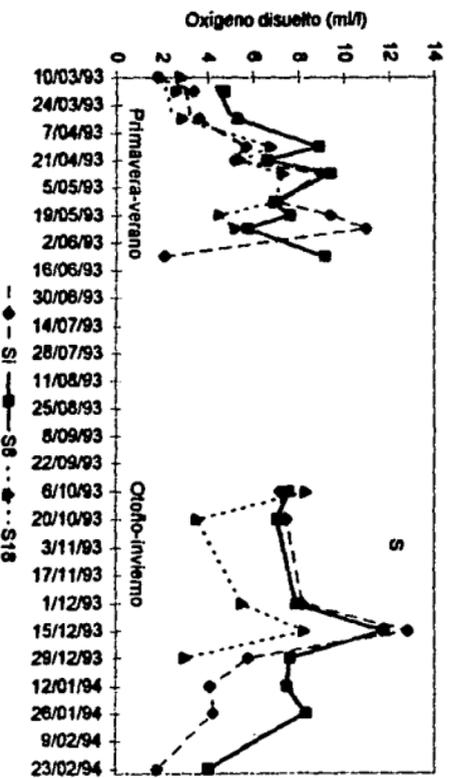


Figs. 4. D y E. Variación de oxígeno disuelto en función del tiempo en las granjas intensivas.

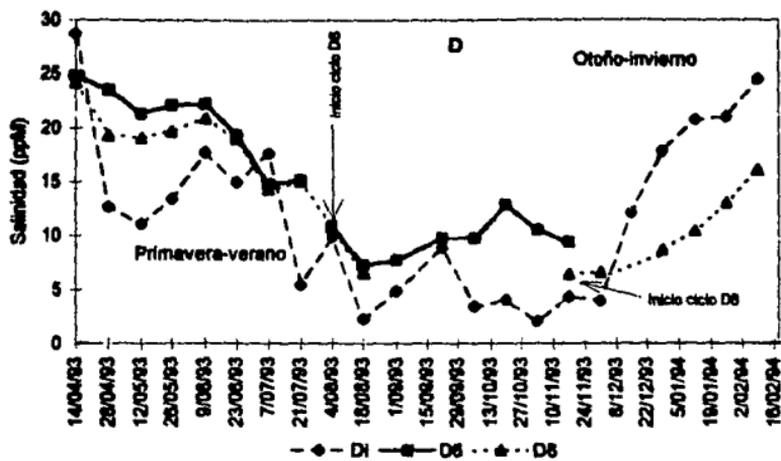




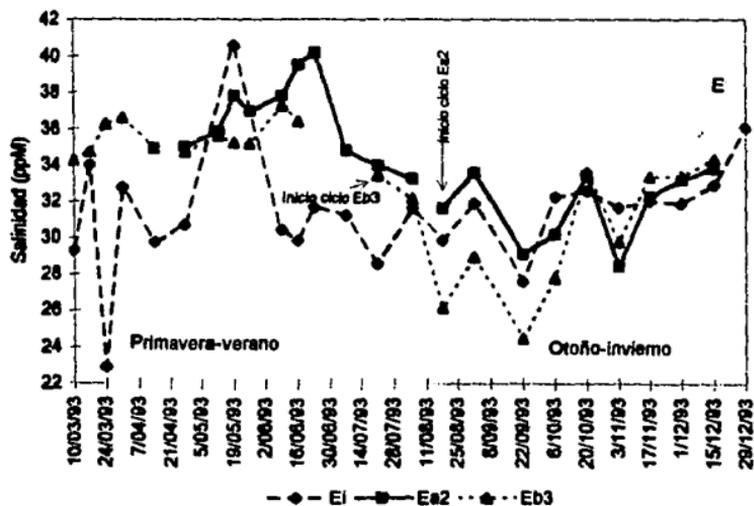
Figs. 4.C y 5. Variación de oxígeno disuelto en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.

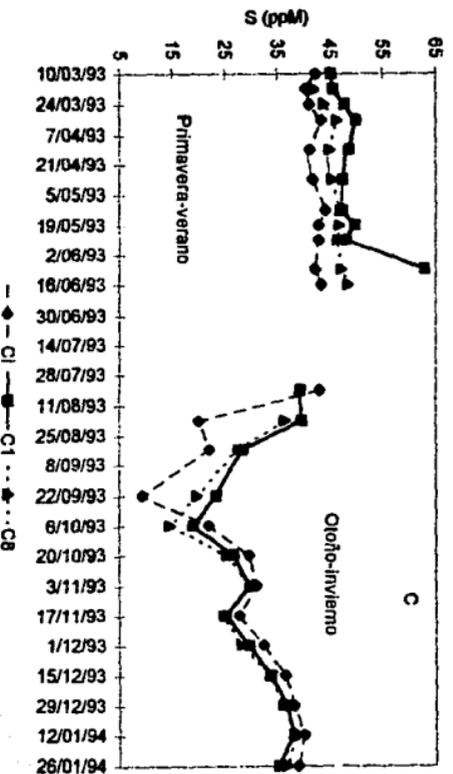


10. Anexos

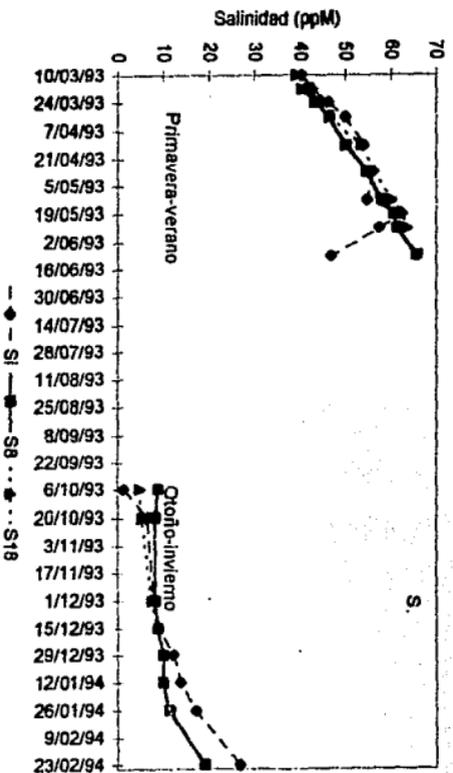


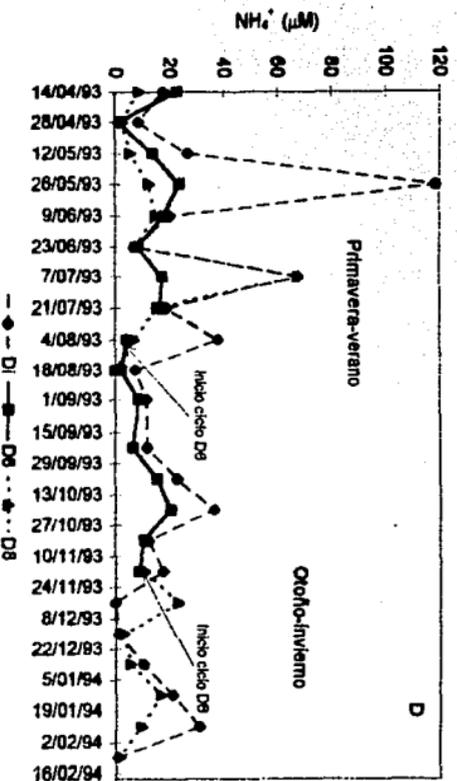
Figs. 5. D y E. Variación de la salinidad en función del tiempo en las granjas intensivas.



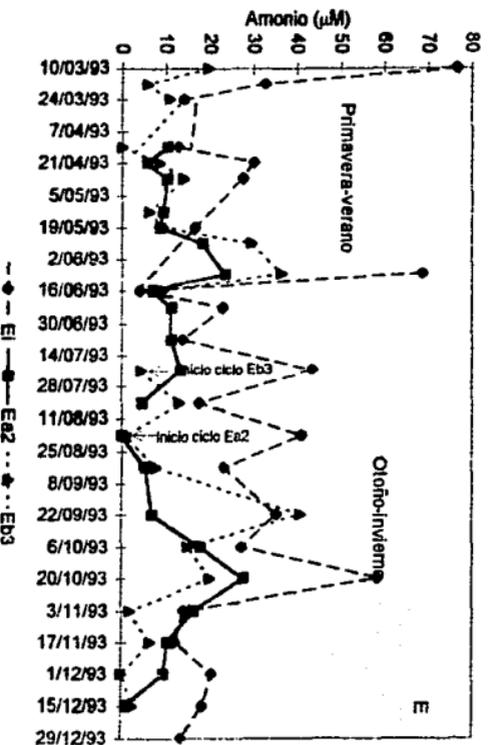


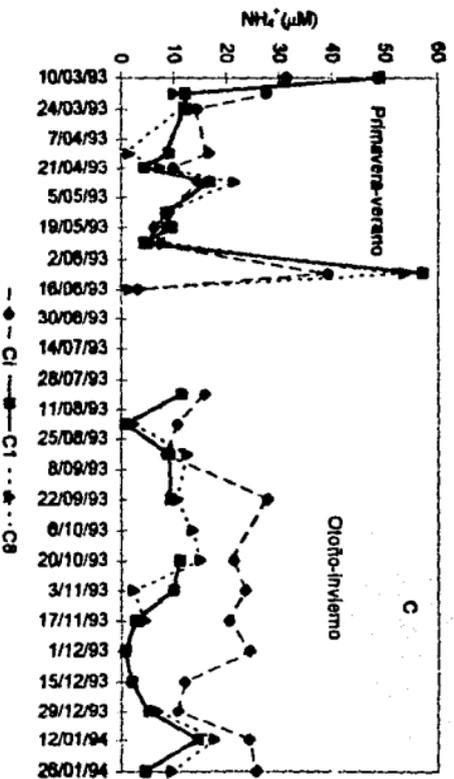
Figs. 5. C y S. Variación de la salinidad en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



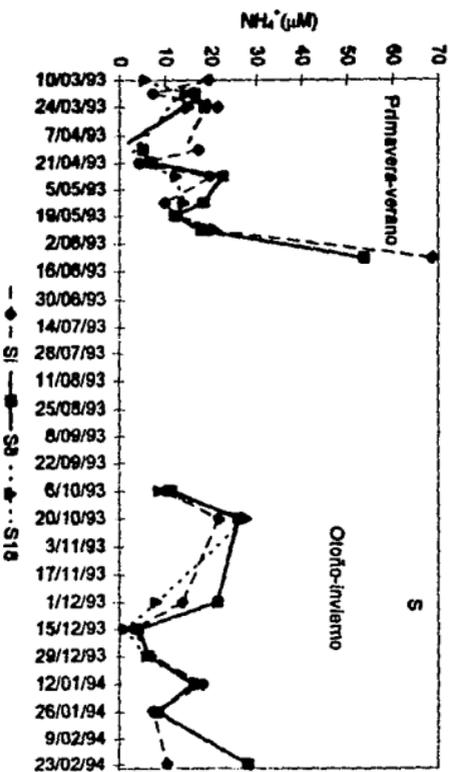


Figs. 8. D y E: Variación de amonio en función del tiempo en las granjas intensivas.





Figs. 6.C y S. Variación de amonio en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



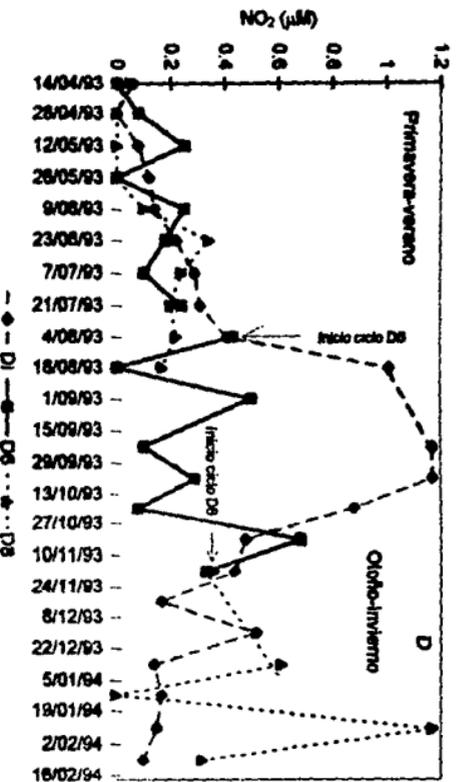
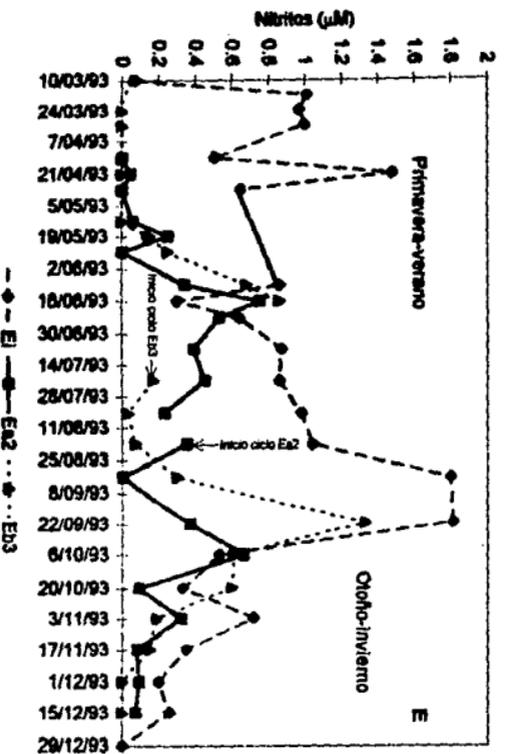
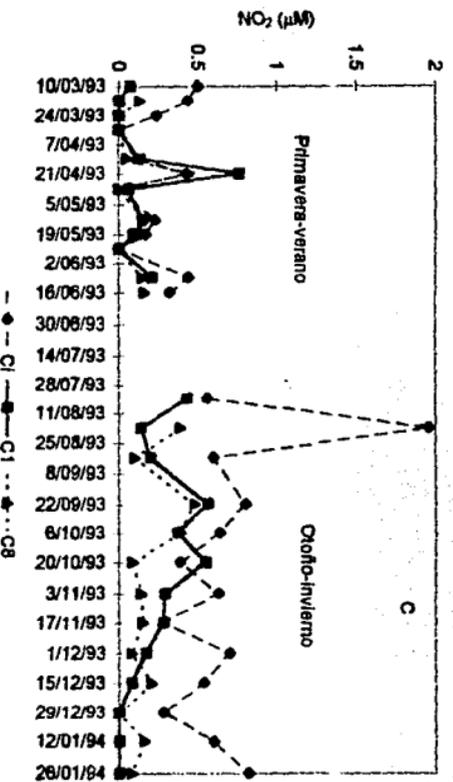
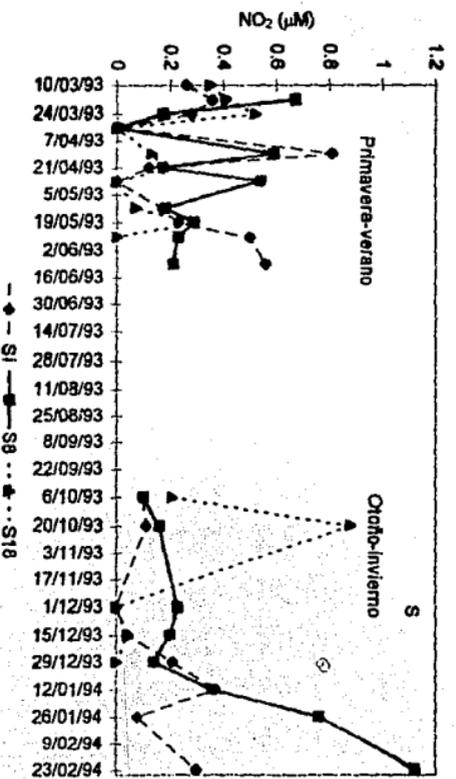


Fig. 7. D y E. Variación de nitratos función del tiempo en las granjas intensivas.





Figs. 7 C y S. Variación de nitrato en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



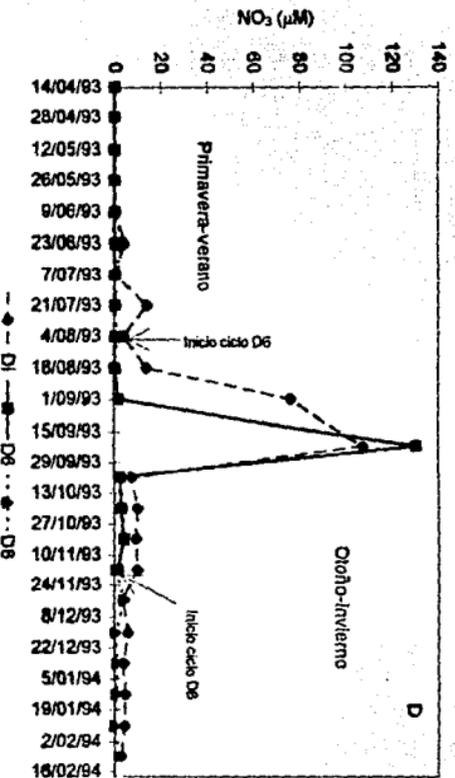
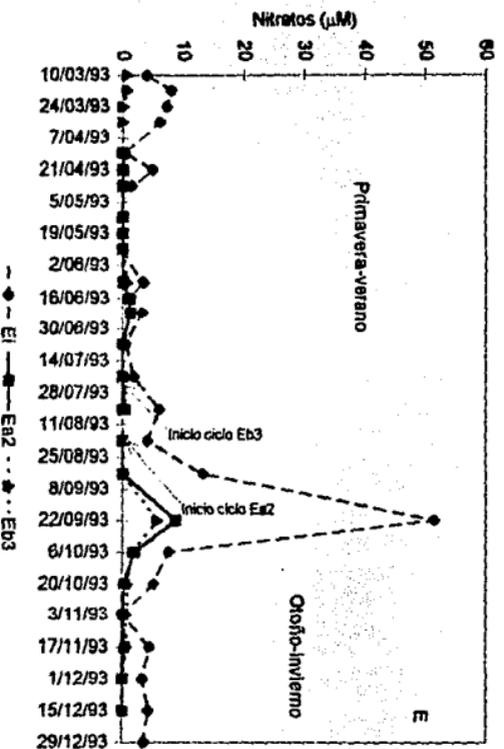
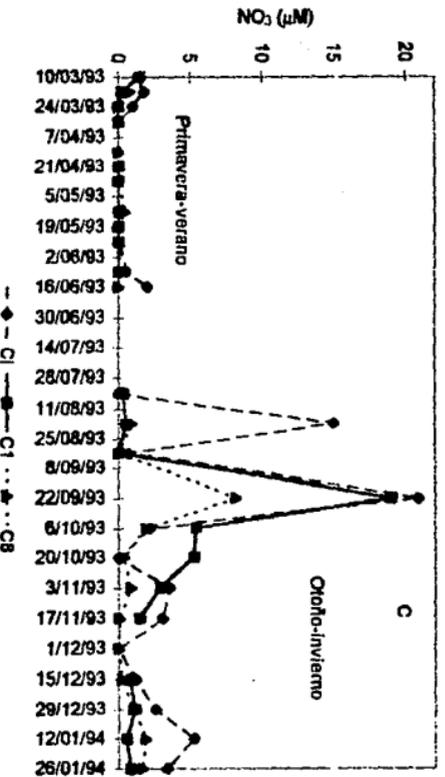
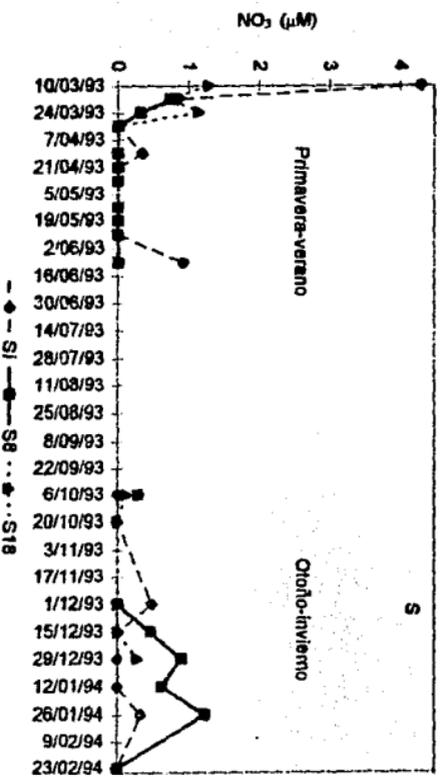


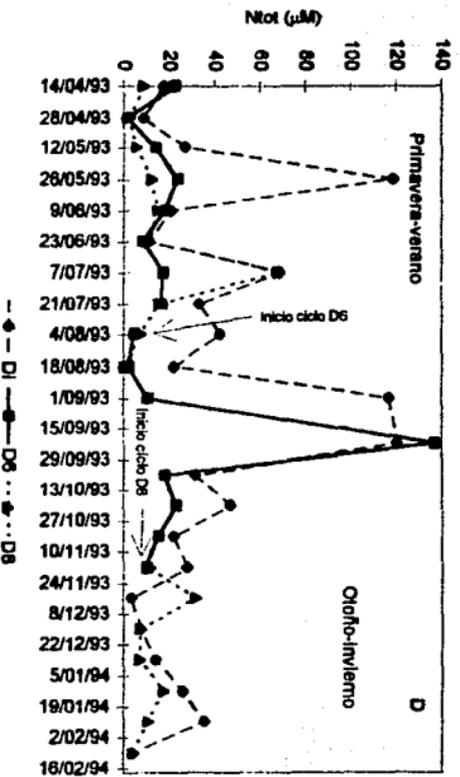
Fig. 8. D y E. Variación de nitratos en función del tiempo en las granjas Intensivas.



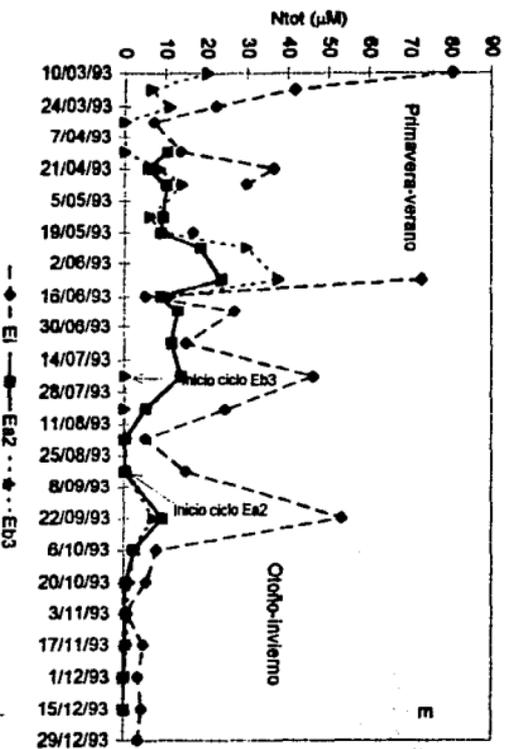


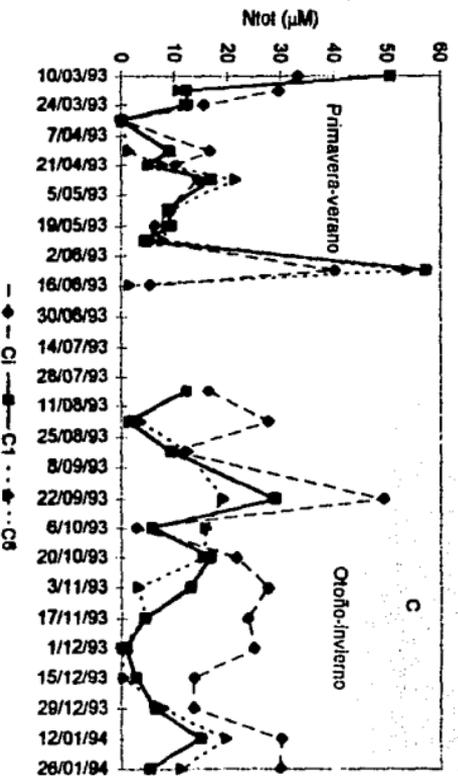
Figs. 8 C y S. Variación de nitrato en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



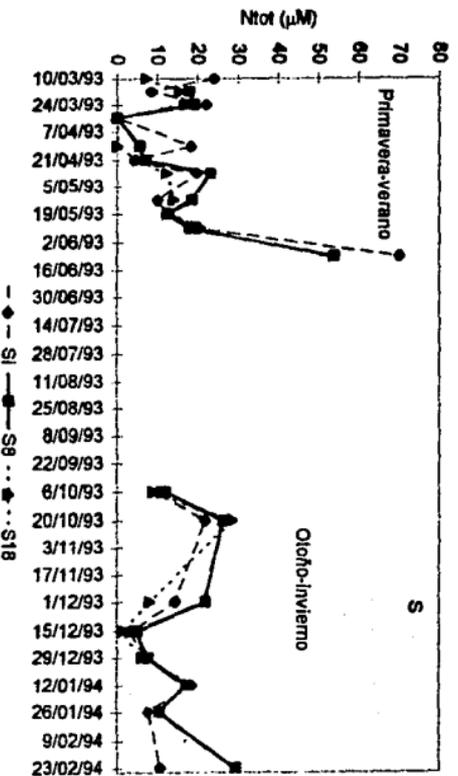


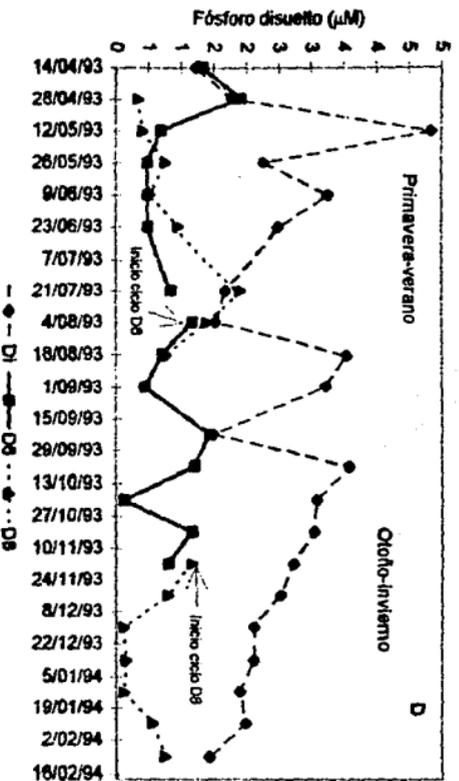
Figs. 9. D y E. Variación de nitrógeno total en función del tiempo en las granjas intensivas.



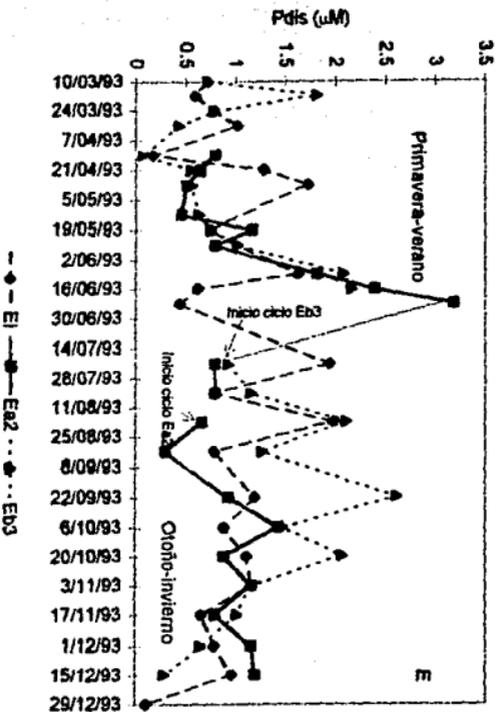


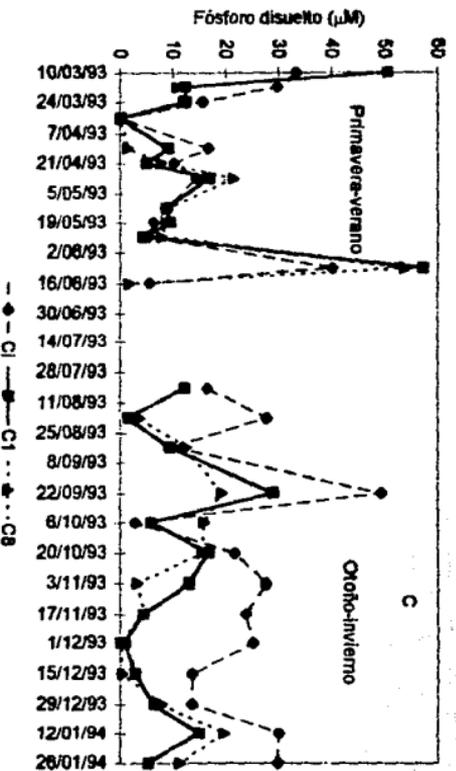
Figs. 9 C y S. Variación de nitrógeno total en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



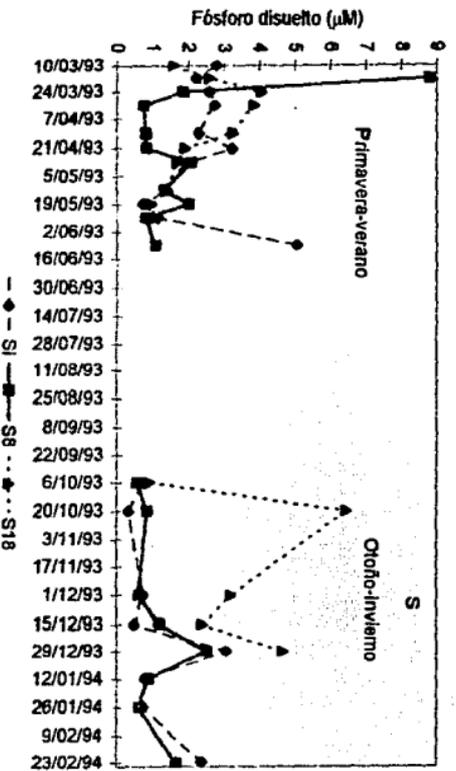


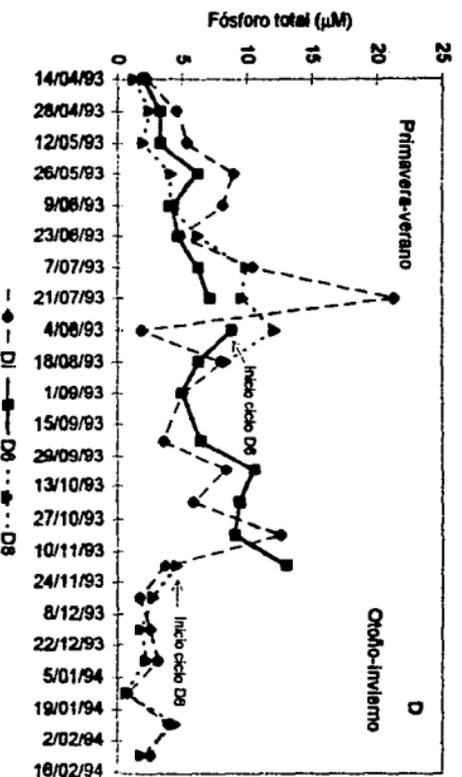
Figs. 10. D y E. Variación de fósforo disuelto (unión del tiempo en las granjas intensivas).



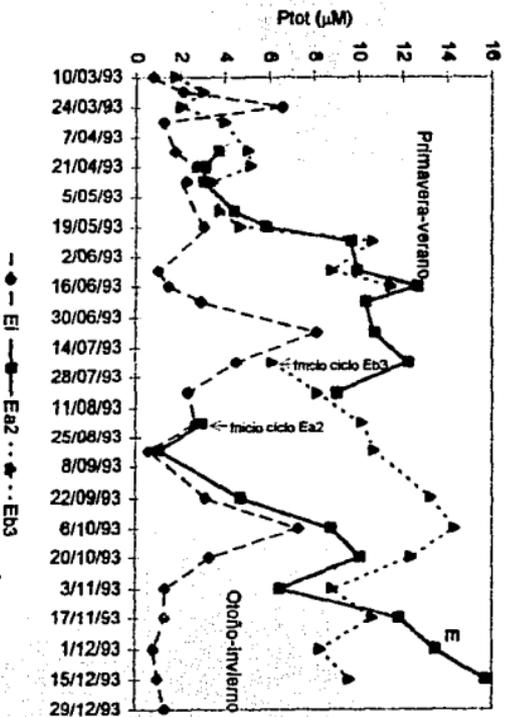


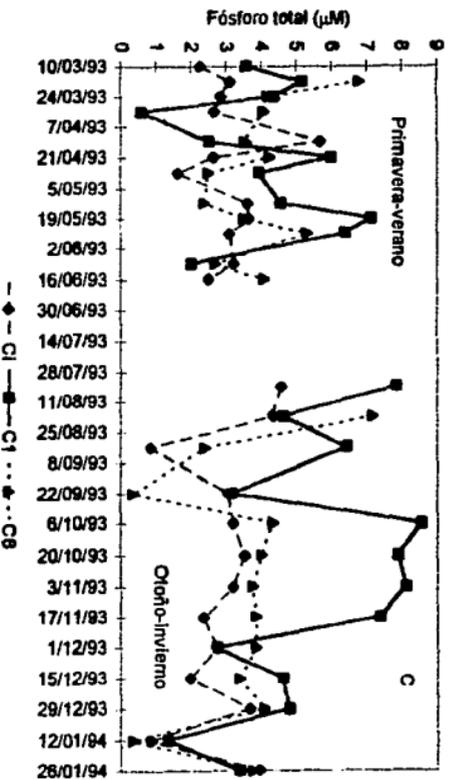
Figs. 10 C y S. Variación de fósforo disuelto en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



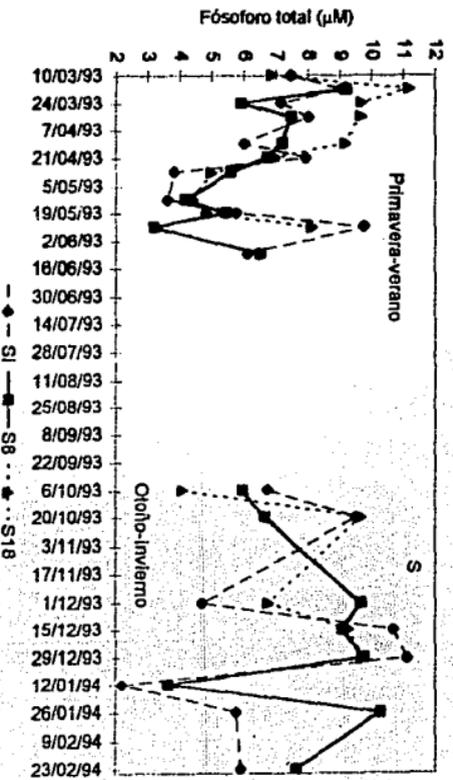


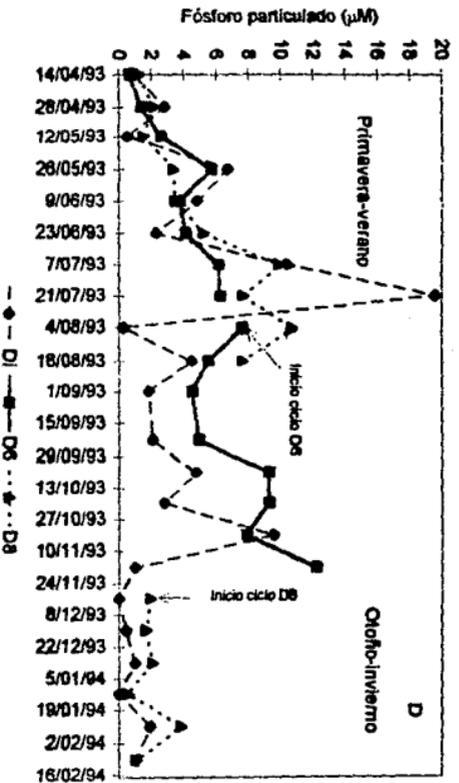
Figs. 11. D y E. Variación de fósforo total en función del tiempo en las granjas intensivas.



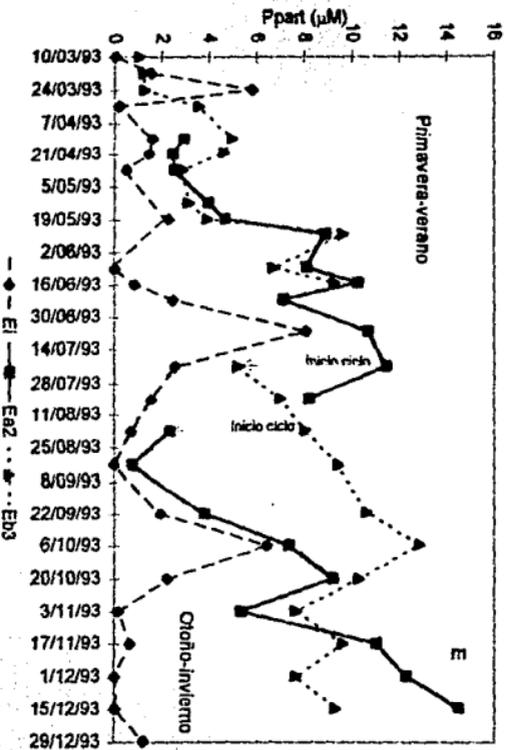


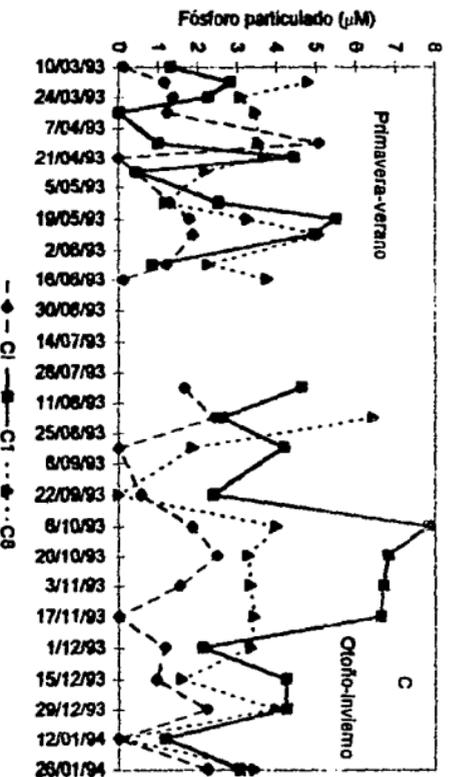
Figs. 11 C y S. Variación de la fósforo total en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



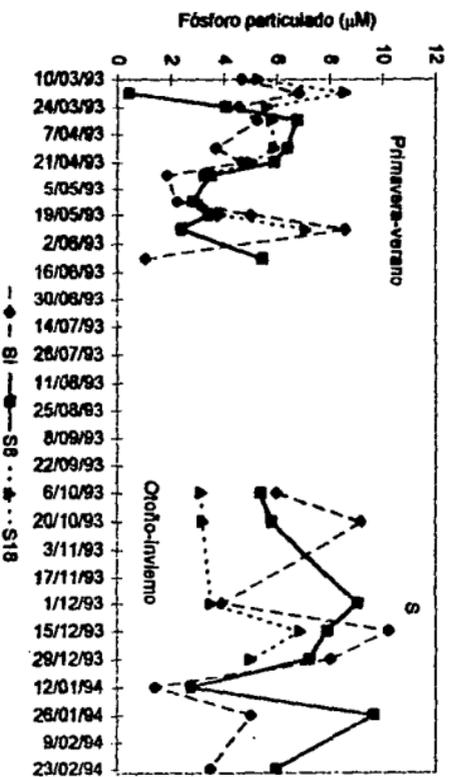


Figs. 12. D y E. Variación de fósforo particulado en función del tiempo en las granjas intensivas.





Figs. 12 C y S. Variación de fósforo particulado en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.



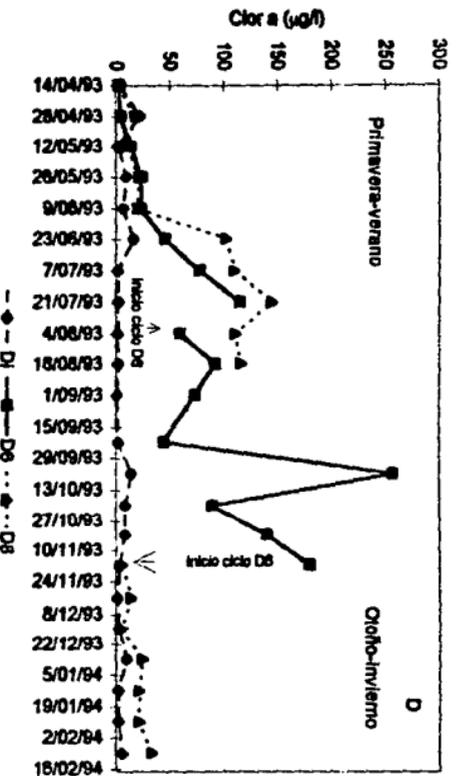
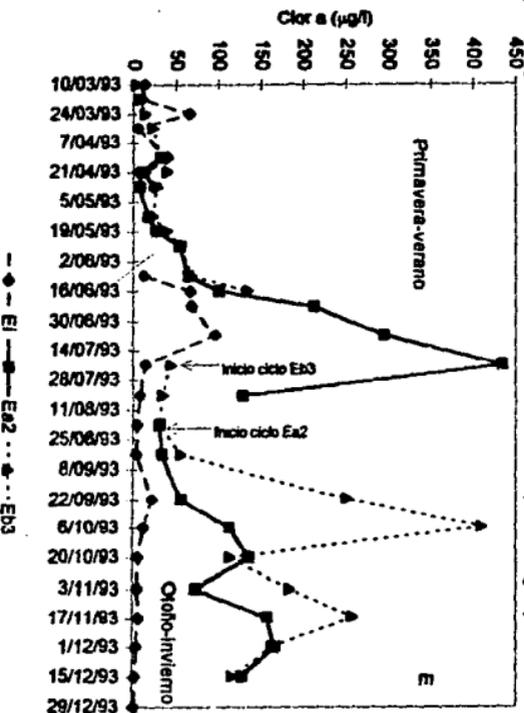
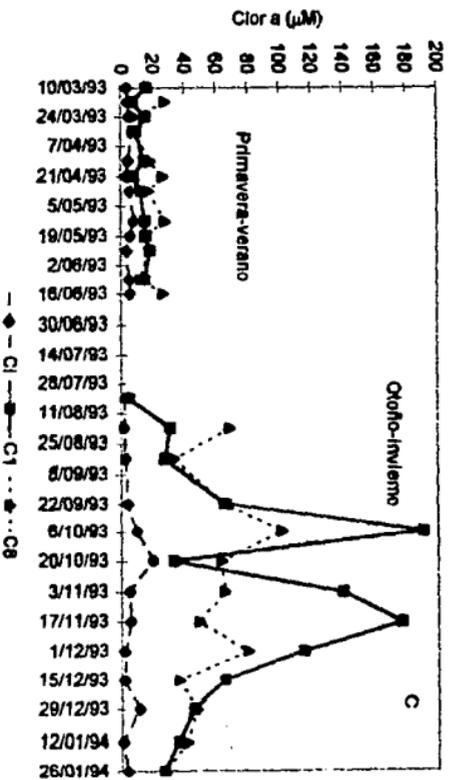
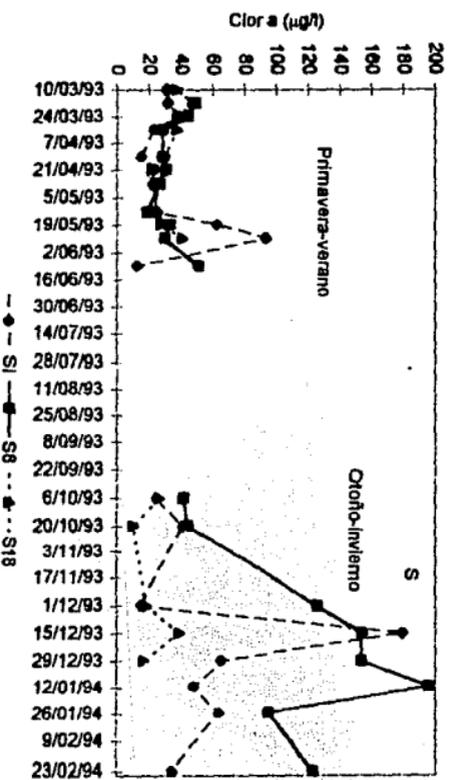


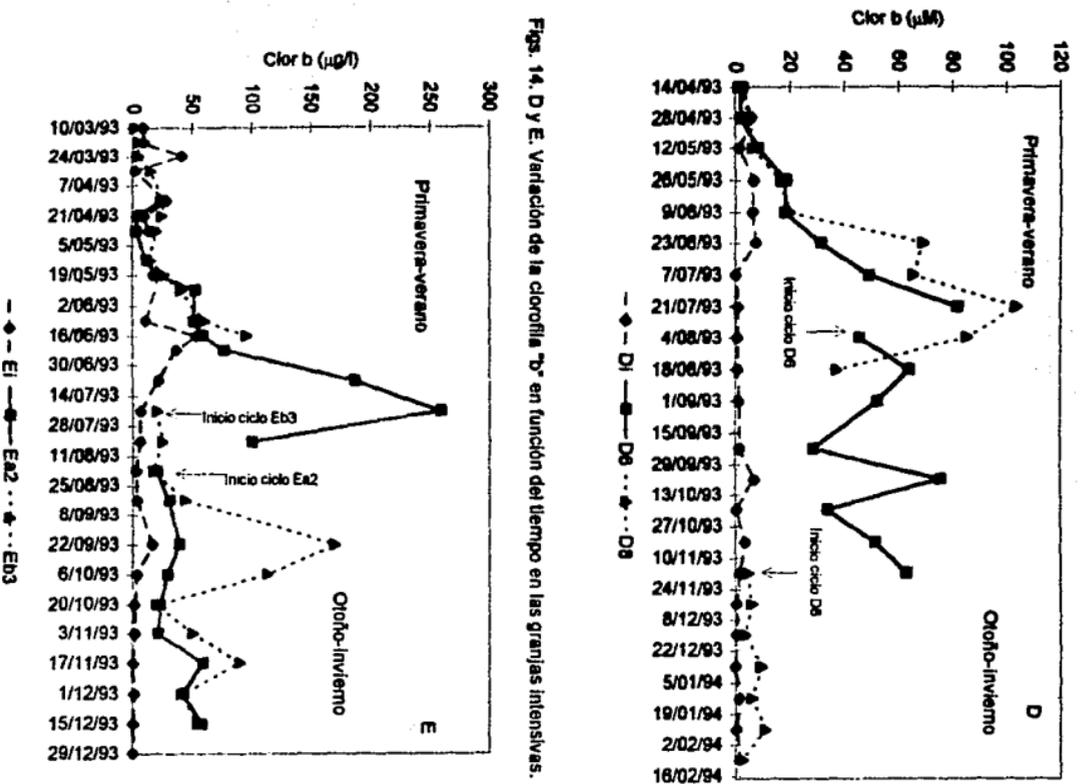
Fig. 13. D y E. Variación de la clorofila "a" en función del tiempo en las granjas intensivas.

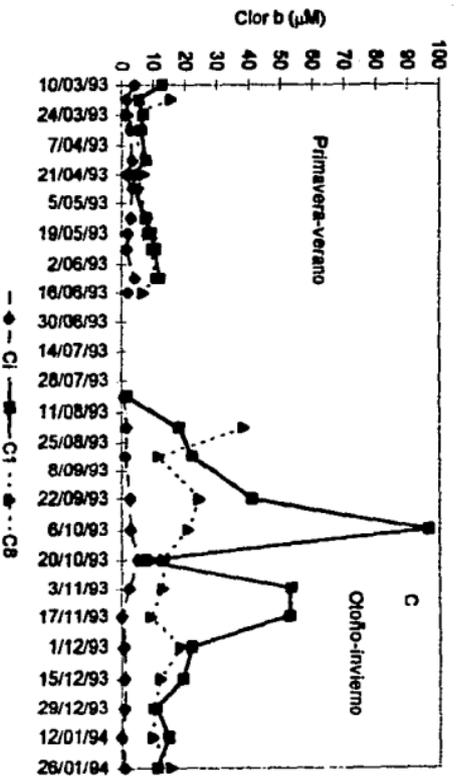




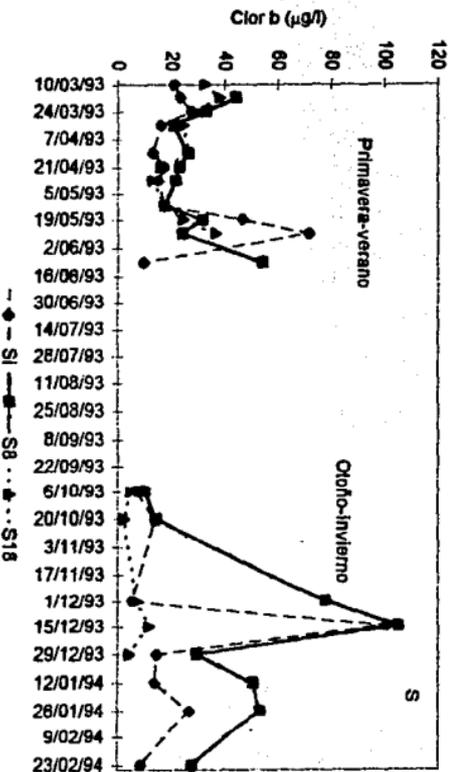
Figs. 13 C y S. Variación de clorofila "a" en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.

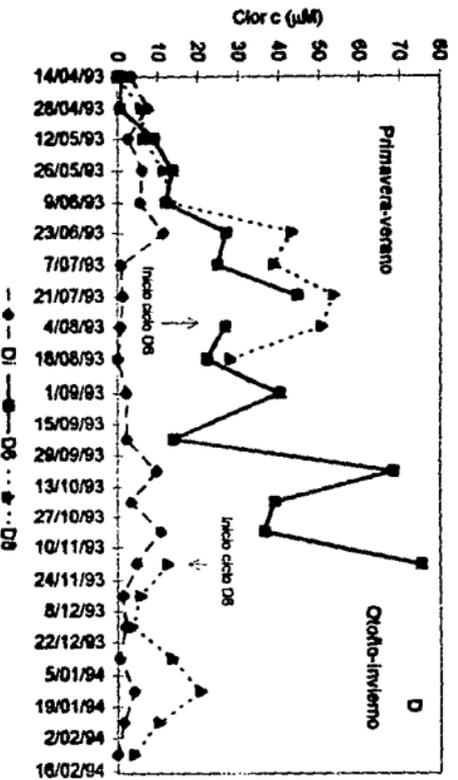




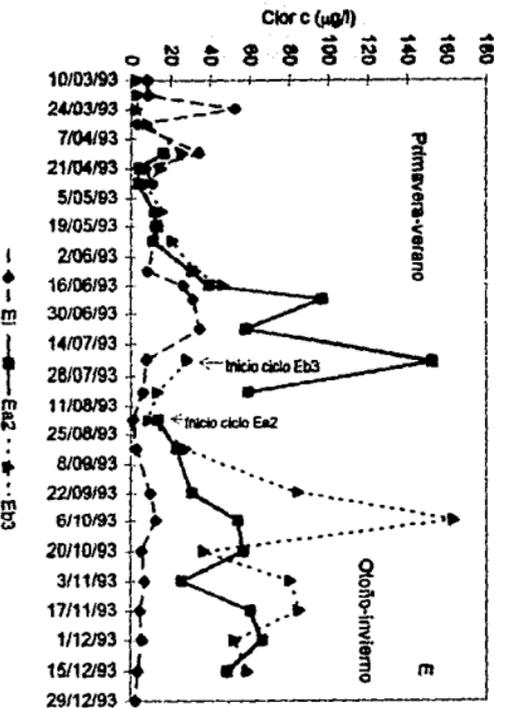


Figs. 14 C y S. Variación de clorofila "b" en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.





Figs. 15. D y E. Variación de la clorofila c^c en función del tiempo en las granjas intensivas.



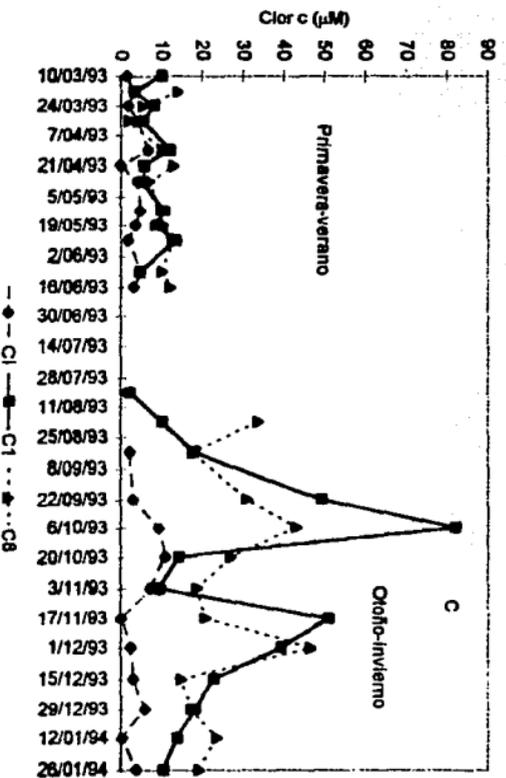
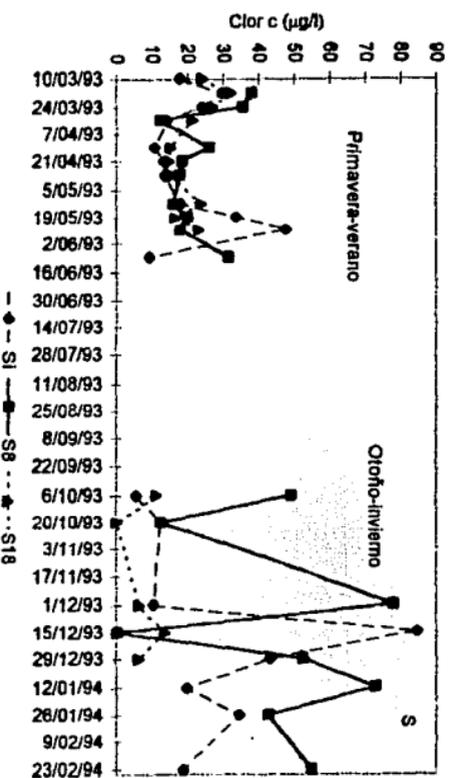
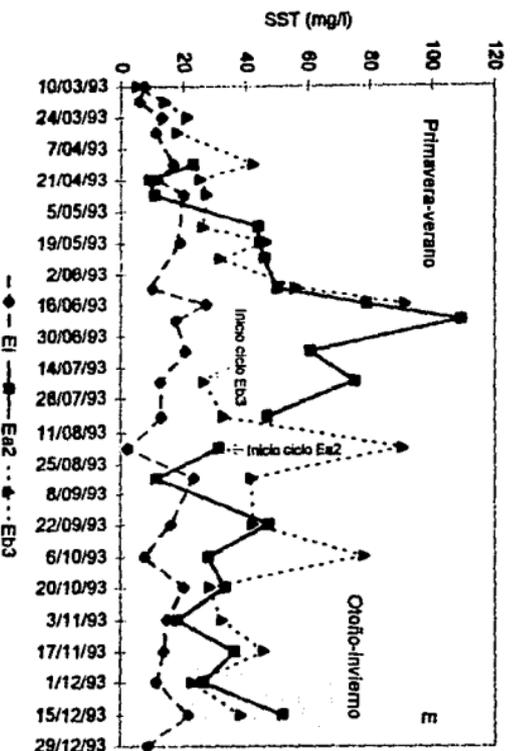
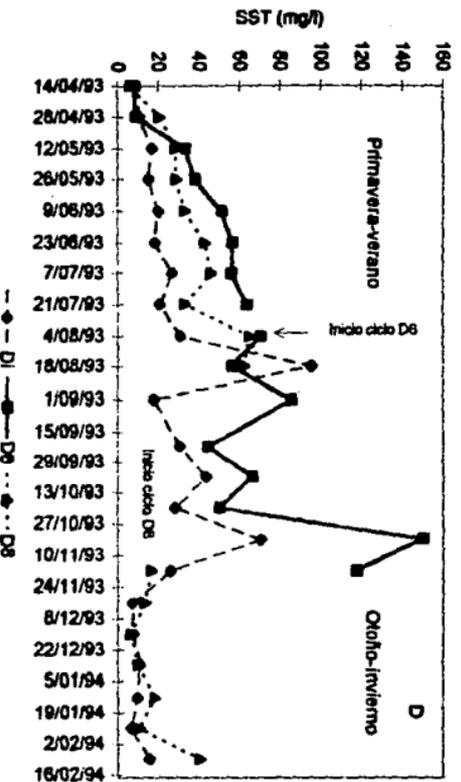
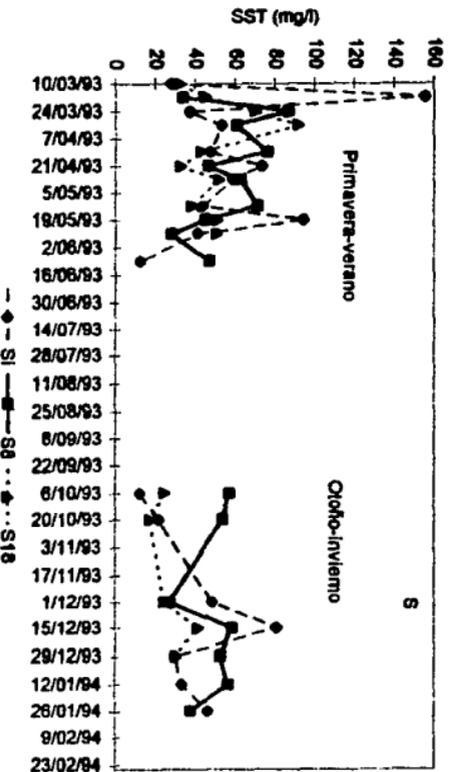
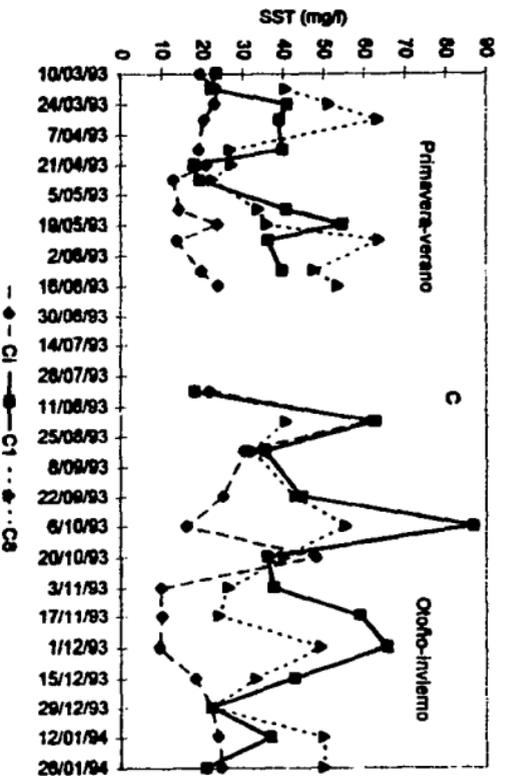
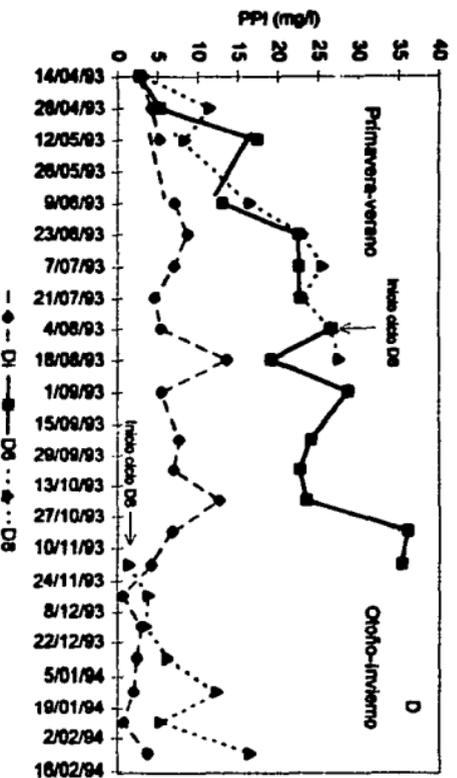


Fig. 15 C y S. Variación de clorofila "c" en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.

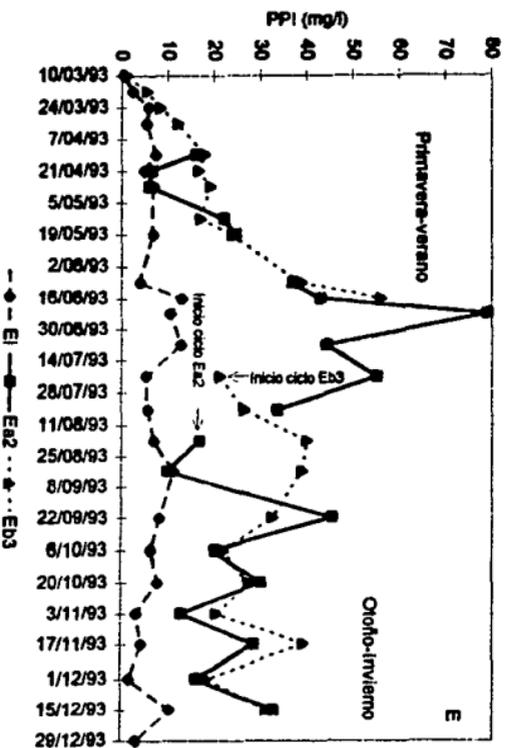


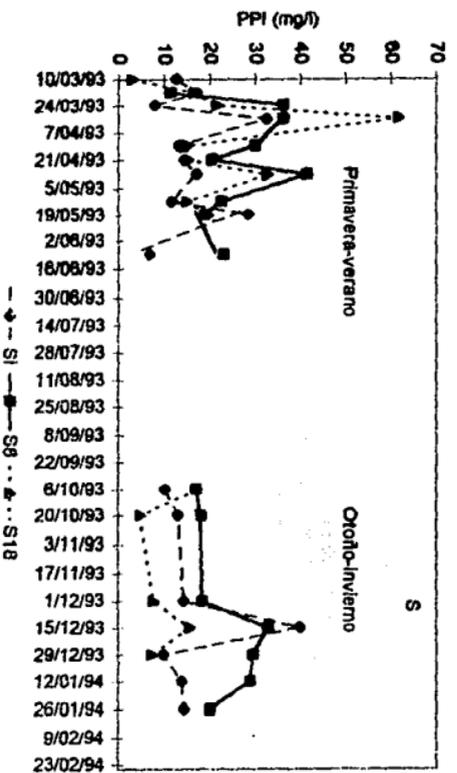
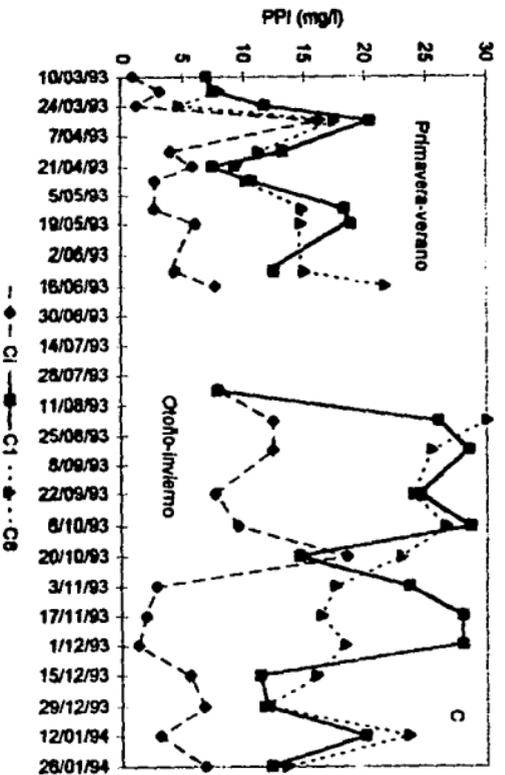


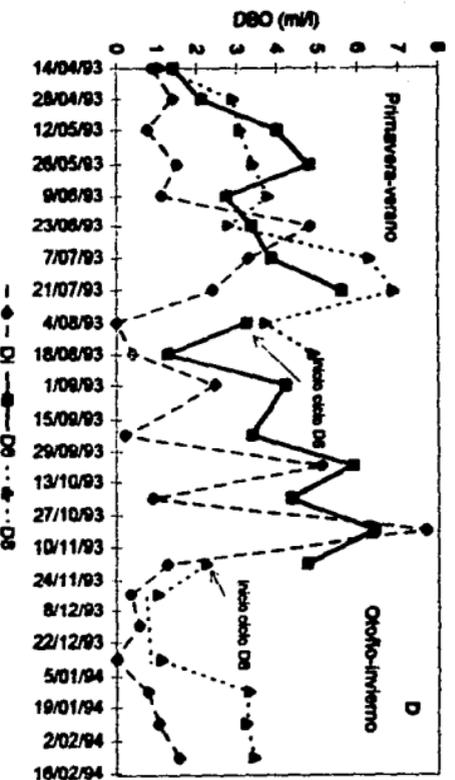




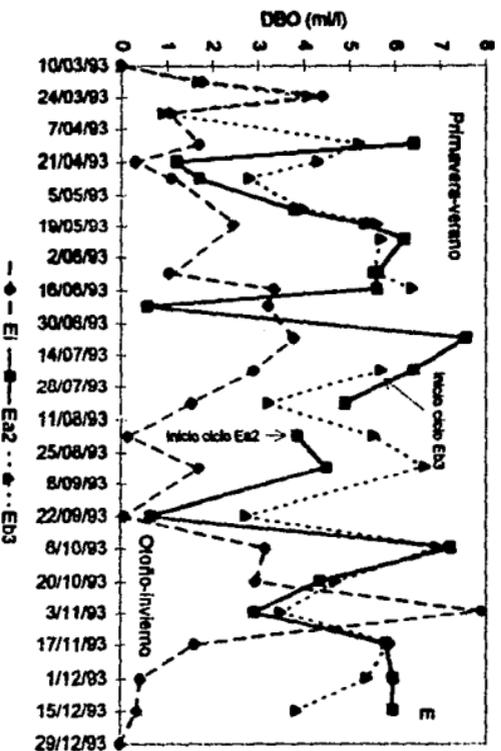
Figs. 17. D y E. Variación de las pérdidas por ignición en función del tiempo en las granjas Intensas.







Figs. 18. D y E. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno en función del tiempo en las granjas intensivas.



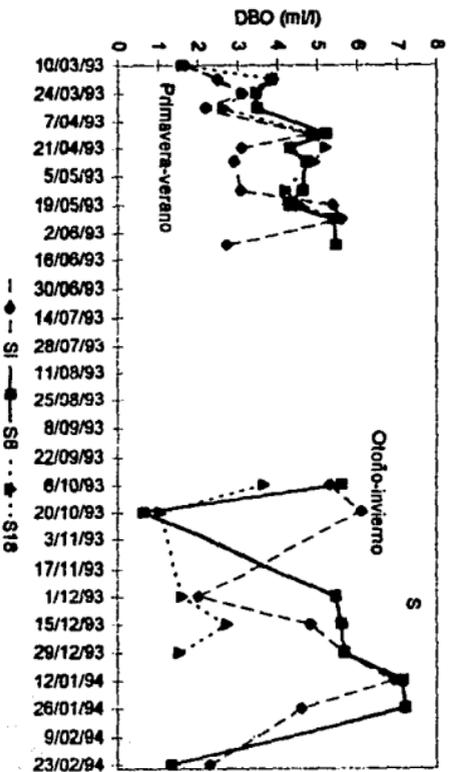
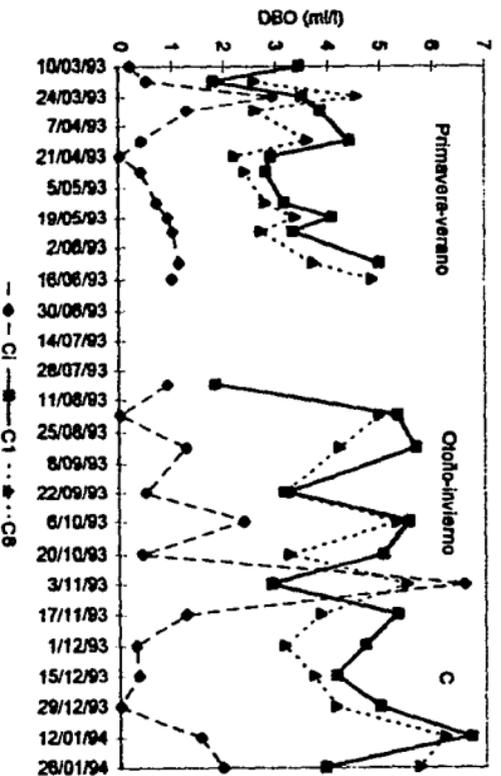


Fig. 18 C y S. Variación de la demanda bioquímica de oxígeno en función del tiempo en las granjas semi-intensivas.