CAPÍTULO III.
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE LOS ESTANQUES.

3.1 Generalidades.

Los estanques en acuacultura pueden ser alimentados típicamente con agua dulce proveniente de ríos y lagos, o con agua salina proveniente de mar y lagos salinos. Estas aguas de alimentación poseen inicialmente las mismas condiciones físicas y químicas que sus fuentes naturales, pero a diferencia de su origen, las aguas en los estanques comienzan gradualmente a alejarse de su composición química original, provocada por el cambio de sus ciclos dinámicos naturales, por la composición de los suelos, cambios en sus tiempos de residencia, clima y principalmente por el efecto de las poblaciones de los organismos contenidas en ellas, entre muchos otros factores [63]. La figura 14 muestra un estanque en el cual se observa que las aguas se encuentran en espacios confinados fuera de su ambiente natural.

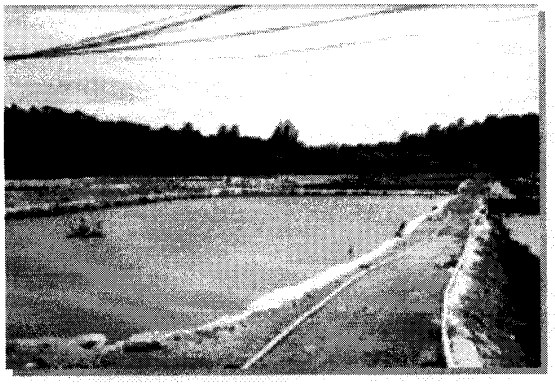


Figura 14. Estanque de cultivo con aguas confinadas.

La acuacultura presenta problemas especiales que no se presentan en las aguas marinas, es por eso que el ambiente en los estanques acuícolas presentan condiciones muy diferentes a las de sus fuentes de abastecimiento de agua. Los estanques no cuentan con las mismas condiciones para alcanzar un equilibrio entre todos sus componentes acumulados por interacción biológica. Los estanques son generalmente de tamaño variable,

determinando su tamaño la disponibilidad de espacio presente, con profundidades típicas de 1 a 2 metros. Dentro de los estanques acuícolas se producen altas densidades de población de los organismos producidos en espacios muy reducidos comparados con las extensiones donde las especies se desarrollan en el mar. Esta alta población inducida, no se presentan en las aguas marinas de la misma forma que en los estanques, lo que hace que se afecte directamente las condiciones de la calidad del agua que contiene a los organismos debido a las altas demandas de nutrientes, saneamiento natural de las aguas, de grandes cantidades de químicos etc.

3.2 Parámetros y condiciones de las aguas en acuacultura.

Mantener las aguas de los estanques controladas dentro de los parámetros óptimos según los requerimientos específicos, es una de las características de los cultivos intensivos. El éxito de las producciones intensivas depende directamente del grado de control alcanzado en la calidad de las aguas. Las aguas en los estanques al igual que las aguas marinas, dependen de muchos factores relacionados entre sí, por eso, es necesario que se establezcan ciertos parámetros para mantener el control en ellos, con el fin de obtener los rendimientos de crecimiento de las especies cultivadas en los estanques. Los parámetros más importantes para llevar el control de la calidad de las aguas son los siguientes:

- Control del pH y la alcalinidad
- Las durezas provocadas por el calcio y el magnesio.
- Claridad del agua.
- El control de los niveles de oxígeno
- Control del nivel de nutrientes.

3.2.1 pH y la alcalinidad.

El mar cuenta con un balance iónico bien definido y estable. Por otra parte, los niveles de pH dentro dentro de los estanques puede variar significativamente a través de un

período delimitado por las 24 horas del día, debido a la respiración y a la fotosíntesis. El dióxido de carbono, que es producido por la respiración en los estanques, forma al contacto con el agua el ácido carbónico, el cual por su naturaleza química tiende a bajar el pH. Las fuentes principales de CO_2 en los estanques están dadas por la interacción con la atmósfera y la respiración de animales y plantas.

Las algas, plancton y zooplancton utilizan el dióxido de carbono durante las horas del día por lo que la cantidad de dióxido es reducida, incrementando lo niveles de pH durante el día. En la noche, el proceso de fotosíntesis se detiene y los niveles de pH disminuyen debido a la presencia de más dióxido de carbono presentes en el agua. Las cantidades producidas por los organismos son tales que tienden a reducir el pH de manera significativa.

Las plantas realizan la fotosíntesis durante el día y durante este proceso, el dióxido de carbono es consumido, este mismo dióxido de carbono al contacto con el agua causa el aumento de pH en los estanques. La fluctuación del pH se hace más grande cuando la alcalinidad es baja. En una alcalinidad más alta, se encuentran más carbonatos presentes para reaccionar con el dióxido de carbono libre que se encuentra en el agua disuelto, a estas reacciones se les conoce como el ciclo del carbonato.

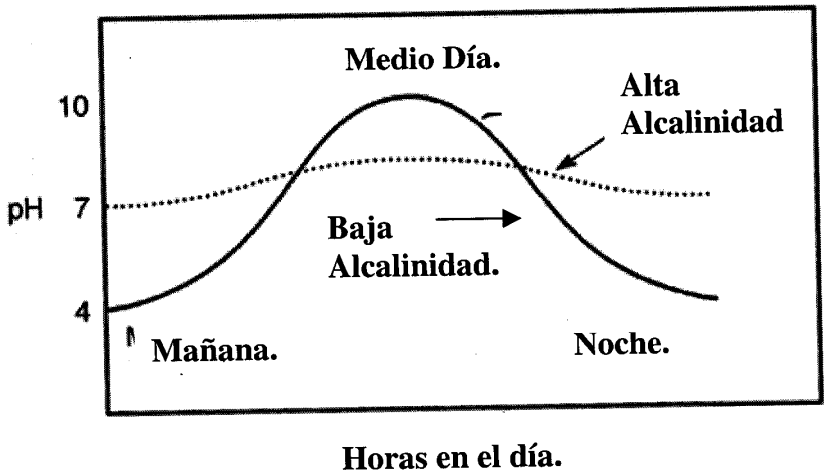
Las aguas de la alta alcalinidad tienen generalmente alta dureza. Esta actúa como un buffer dentro del agua, es decir, previene las fluctuaciones en el pH. Aunque las fluctuaciones en el pH pueden no ser directamente dañinas, estas pueden influenciar la toxicidad de algunos productos químicos acuáticos tales como amoníaco, o la disponibilidad de otras, como el fósforo, dando por resultado que el sistema incremente su fertilidad y motive la producción creciente de otras especies. Los componentes primarios de la alcalinidad de los sistemas acuáticos, el carbonato y el bicarbonato, estabilizan el pH cerca de 8 que es benéfico para la mayoría de las plantas acuáticas y de los animales.

Se ha observado que el agua en los estanques refleja la calidad de los suelos en los que se sitúa el estanque. En suelos ácidos, los estanques presentan alcalinidad baja.

Los valores de la dureza y de la alcalinidad del pH para la mayoría de los estanques son de menos de 400 ppm y un valor del pH de 6 o menos [1,2], Estos valores son comunes en muchos de los estanques de crianza de sureste de los Estados Unidos. En todos los estanques en los cuales se ha observado estos valores típicos de dureza y pH se ha encontrado que la producción de los peces o mariscos cultivados en estas aguas es pobre..

El pH se ve modificado en el periodo de 24 horas debido a que los ciclos biológicos diarios tienen diferentes funciones en las horas de luz y en el transcurso de la noche. En la gráfica 3 se puede marcar como fronteras de pH los valores contenidos entre 4 y 10. Para poder determinar los efectos de las fluctuaciones, es necesario distinguir entre dos condiciones de alcalinidad del agua. La alcalinidad a niveles bajos muestra muchísimas más fluctuaciones que a valores de alcalinidad alta como también se muestra en la gráfica 3 debido a los ciclos fotosintéticos en las horas del día, presentando fluctuaciones cercanas a valores de pH 10, y en las horas nocturnas el valor del pH desciende hasta valores cercanos a pH 4. El cambio resulta ser demasiado drástico y los seres vivos de los estanques resienten fuertemente dichas fluctuaciones. Estas condiciones son comunes dentro de los estanques de acuacultura.

Cuando el agua presenta niveles de alcalinidad alta, las fluctuaciones de pH se ven reducidas a cambios mínimos, donde la máxima fluctuación de acidez se encuentra cerca de los valores de pH 7 y el valor máximo de condición básica es a valores cercanos a pH 8. Estas condiciones son cercanas a las condiciones del agua en el mar normal. A estas condiciones la fauna de los estanques sufre efectos mínimos por los cambios de pH.



Gráfica 3. Gráfica de las fluctuaciones de pH en el día.

Lo anterior demuestra que si se quiere prevenir los cambios bruscos del pH en los estanques, es necesario tener valores altos de alcalinidad para que las variaciones de pH sean bajas. El tratamiento preventivo y el monitoreo de las condiciones de los estanques, por lo tanto, se hacen necesarios.

3.2.2 La dureza de las aguas.

La dureza del agua, es una medida del contenido del calcio y del magnesio principalmente. El mar presenta un equilibrio bien definido de las cantidades de calcio y magnesio, entre otros componentes. Las algas, el plancton, zooplancton y los peces requieren de la dureza del calcio para su correcto crecimiento y obtener el desarrollo apropiado. Los márgenes naturales de dureza del agua de mar son diferentes a los que se presentan en los sistemas de producción intensivos, debido a que generalmente se requieren rangos de alta dureza disponible, como las de calcio, para cumplir con funciones biológicas. La cantidad de dureza varia dependiendo del organismo cultivado, ya que existen especies que requieren altas tasas, mientras que otras no requieren de altas concentraciones, es por

eso que la cantidad requerida de calcio varía dependiendo del organismo que se esté cultivando en él estaque.

El nivel mínimo de dureza recomendado para la mayoría de los organismos marinos debe de ser de 400 ppm, pero se considera como más adecuado si se tiene mayor nivel de calcio y magnesio disponible en dureza, superior a este valor, con sus respectivas limitantes. A medida que florecen más organismos en los estanques, los niveles disponibles de calcio y magnesio bajan, por la conversión de carbonatos promovidos por el aumento de ácido carbónico presente como producto de la respiración y la fotosíntesis. Cuando los niveles de dureza son bajos, es necesaria la adición de compuestos que compensen la falta de iones calcio y magnesio debido a que la ausencia de ellos está directamente relacionada con el aumento de acidez en el agua, lo cual cambia las condiciones naturales de desarrollo de la mayoría de los organismos marinos, además de cambiar drásticamente la apariencia del agua.

El agua que es baja en compuestos de dureza tenderá a ser fangosa, con presencia de organismos filamentosos, lo que trae consigo problemas de turbidez, disponibilidad de nutrientes, desarrollo de enfermedades en las branquias de los peces, provocando un aumento en la tasa de mortandad, e incluso puede perderse la cosecha entera por los efectos no atendidos de baja dureza en los estanques.

Los cambios en la dureza de las aguas están relacionados directamente con los cambios de acidez y alcalinidad en los estanques.

3.2.3 Claridad en el agua.

La claridad en las aguas marinas es un fenómeno que depende directamente de la composición del suelo, las corrientes, los niveles de nutrientes y biodiversidad de organismos presentes. En los estanques, los problemas de la claridad del agua son causados

principalmente por las partículas suspendidas de arcilla y biomasa [2]. Las partículas de la arcilla son suspensiones coloidales de partículas muy pequeñas en agua. Debido a su tamaño tan pequeño y a sus tensiones superficiales con el agua, dichas partículas no sedimentan hacia el fondo de los estanques debido a que contienen cargas electrostáticas negativas. Es como tener un grupo de imanes similares que se rechazan mutuamente entre sí. La clarificación del agua que contiene partículas de arcilla puede ser llevada a cabo de muchas formas, pero son pocos los métodos conocido hasta ahora que es presenten un buen margen de seguridad para los procesos en acuacultura.

Las aguas que tienen un buen control con sus parámetros, presentan pocos problemas con la claridad del agua. La composición química del terreno es un factor determinante en los niveles de turbidez, por lo que debe de ser cuidado. El no cuidar las condiciones de claridad del agua puede provocar que se generen zonas anóxicas en el fondo altamente peligrosas, promovidas por el excesivo bloqueo de la luz en los estanques, que la disponibilidad de los nutrientes cambie, generando el surgimiento de biomasa nociva. La figura 15 muestra una imagen de aguas turbias contaminadas por organismos que se generaron sin control por un exceso de nutrientes.

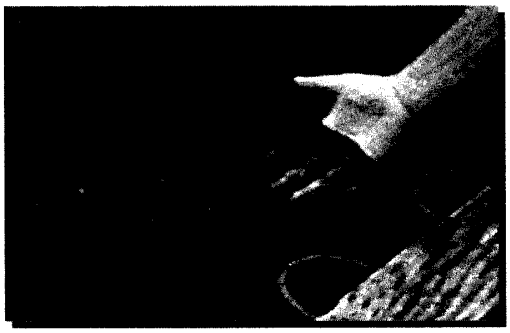


Figura 15. Aguas turbias con exceso de nutrientes.

3.2.4 Niveles de oxígeno.

El oxígeno es sin duda uno de los elementos más importantes contenidos en las aguas marinas y en los estanques, el mar mantiene sus niveles de oxígeno por el movimiento constante de sus olas, por las diferentes precipitaciones por los ciclos del agua y mediante las reacciones químicas promovidas por los organismos fotosintéticos [40]. Los estanques tienen sólo como fuente de alimentación de oxígeno las corrientes de agua fresca alimentadas, por lo que el control de los niveles de este parámetro se vuelve muy importante y delicado en el tratamiento de sus aguas, debido a que es bien conocido que los peces y crustáceos requieren del oxígeno disuelto en el agua para poder vivir; estos pueden vivir sin el alimento meses, dado a que los equilibrios biológicos son tolerables hasta cierto punto, pero la ausencia o deficiencia de oxígeno disuelto en el agua permite que los organismos sólo tengan unos minutos de vida. La tabla 5 muestra de manera general los efectos generados por la carencia de oxígeno en el agua.

Tabla 5. Efectos de la concentración de oxígeno en los organismos marinos.

• Los peces tienden a tener una etapa de crecimiento a niveles de 5 a 12 ppm.
• En los niveles de 3 a 4 ppm de oxígeno, los peces dejan de alimentarse.
• A niveles de 2 ppm de oxígeno, el pez sube a la superficie por aire disponible en las partes superiores del agua.
• A niveles entre 1,0 y 1,5 ppm el pez muere por asfixia.

Los sistemas de cultivo intensivo, el oxígeno es vital para el correcto desarrollo de los organismos y la producción. Los estanques presentan mayor deficiencia de oxígeno disuelto en el día que en la noche, en el período de 2 a 7 PM y este tipo de efecto se ve incrementado en los meses más calurosos por el efecto de la temperatura en la solubilidad del oxígeno en el agua, por lo que los meses de verano se convierten en meses críticos para

el control de este parámetro. La noche también provoca bajas significativas en los niveles de oxígeno, estos son promovidos por los efectos del ciclo de la fotosíntesis. Los efectos de ausencia de oxígeno pueden llevar a la pérdida inmediata de toda la producción de un estanque por muerte masiva provocada por la asfixia de los organismos.

Uno de los gases más importantes relacionados con el oxígeno es el dióxido de carbono, este gas presenta dificultades diferentes a las del oxígeno y otros gases presentes, debido a que este reacciona con el agua como se indica en la reacción 5. La reacción nos muestra que el CO_2 no puede ser medido directamente en el agua, por la tendencia que tiene de formar carbonatos en el agua. Esta tendencia a formar ácido carbónico es la que origina el aumento del pH en las aguas a medida que hay mayor actividad biológica.

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrows H_2CO_3 \leftrightarrows H^+ + HCO_3^- \leftrightarrows CO_3^{--} + 2H^+$$

Reacción 5. Transformación iónica del dióxido de carbono.

3.2.5 Niveles de nutrientes.

Los químicos en las aguas marinas que cumplen funciones elementales en la nutrición de los organismos, cuentan de manera natural con un control de disponibilidad, abundancia y escasez, dependiendo del equilibrio ecológico de cada zona marina [60]. Los estanques acuícolas no presentan las mismas condiciones, debido al bajo volumen de agua comparado con los medios naturales del mar, al confinamiento y la acumulación excesiva por las altas tasas de población de organismos y a las diferencias de biodiversidad. Todos los organismos requieren de alimento dentro de los estanques acuícolas, pero es necesario mantener dichos niveles dentro de ciertos parámetros, porque si no, la abundancia de nutrientes puede ser igual o peor que la ausencia de los mismos. La adición de nutrientes provee a los organismos en general de alimento para su crecimiento y desarrollo, dichos

nutrientes se distribuyen en el estanque a través de la cadena alimenticia. La figura 16 muestra un esquema de las cadenas alimenticias en los estanques.

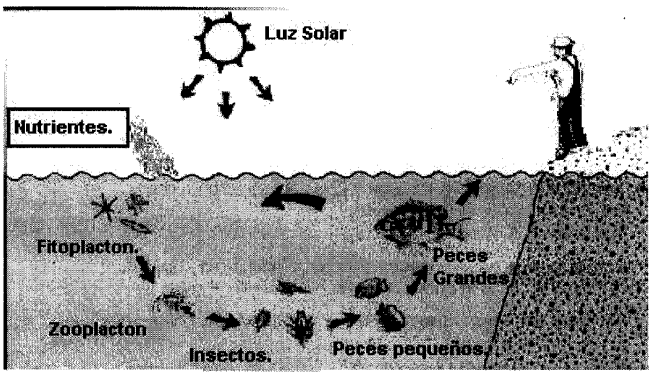


Figura 16. Cadena alimenticia en los estanques.

El aprovechamiento de los nutrientes tiene un estrecho lazo con los niveles de alcalinidad y si este parámetro es bajo, su adición no ofrecerá los resultados esperados porque no serán aprovechados, por lo que es importante cuidar que los niveles de alcalinidad no alcancen valores por debajo de 400 ppm.

Los estanques que tienen deficiencias en el nivel de nutrientes hacen necesario los procesos de fertilización, que al igual que en las tierras, determinan la productividad y la cantidad de producto obtenido en cada estanque. Normalmente se considera que un estanque promedio en medios naturales puede producir de 45 a 68 kilos de peces por hectárea y está comprobado que el proceso de fertilización aumenta esta producción de 2 a 20 veces, promoviendo el crecimiento de plantas microscópicas (fotoplancton), animales (zooplancton) y organismos quimiosintéticos, que representan la base de alimentación de todos los peces o crustáceos cultivados en complejos círculos alimenticios.

Sin embargo, el efecto de fertilización a pesar de traer ventajas de aumento de producción, presenta desventajas técnicas a considerar. En caso de que se presente una

excesiva fertilización en las aguas, surgirán crecimientos desmedidos de organismos como algas que pueden tener un efecto tóxico directo, además de que la biomasa muerta durante los meses de verano ocasionan que los niveles de oxígeno caigan drásticamente, lo cual puede provocar la muerte las cosechas [65].

Existen varias señales y medidas indirectas para determinar los tiempos de adición de alimentos, como el auxiliarse con las indicaciones de claridad de agua, el cual consiste en simplemente medir indirectamente la cantidad de materia viva en el estanque mediante la densidad de microorganismos, a mayor cantidad de nutrientes mayor cantidad de microorganismos.

3.2.6 Enfermedades en los estanques.

La producción intensiva de los productos marinos en granjas acuícolas incrementa el potencial de enfermedades entre los productos, estas condiciones no se presentan de la misma manera que en el mar. Los meses de primavera y otoño son meses sensibles a gestar enfermedades en las granjas acuícolas. Las enfermedades están relacionadas directamente con la calidad de las aguas. El no tener cuidado con los factores básicos que intervienen en la calidad del agua puede producir problemas de salud que si se convierten en epidemia provocaran la pérdida de la cosecha por muerte, o por rechazo del producto.

La Unión Europea está realizando estudios de la dependencia de enfermedades comunes en las cosechas relacionadas con la calidad de las aguas. Las investigaciones se están realizando basados en que si las aguas de crianza no cumplen con los parámetros naturales para una especie, se corre el riesgo de generar las condiciones para que otros organismos florezcan, dando pie a las epidemias. El interés por estos estudios surge debido a que se ha reportado que para ciertas especies cultivadas en Europa por países como Alemania, Francia, Noruega entre otros, están reportando pérdidas del 20% al 40% del tonelaje total producido por enfermedades [19]. En México, se han comenzado a hacer

estudios en el mismo tema, pero enfocado a diferentes especies. En el cultivo de camarón, se está estudiando el efecto de las aguas del síndrome de la cabeza amarilla y de la mancha blanca, al igual que Ecuador en colaboración con la Unión Europea.

Taiwán es uno de los países con más avance en esta materia, siendo uno de los principales productores de mariscos del mundo. Los investigadores de la industria acuícola están adoptando nuevas técnicas para obtener mayor control sobre el desarrollo de la pesca. Los acuacultores comerciales se han dado cuenta de la importancia de la eficacia de la reproducción, el crecimiento, la inmunología y el control de las enfermedades. Además, están siendo aplicadas técnicas de acuicultura que no dañen el medio ambiente. Ellos están monitoreando los efectos de la salinidad, oxígeno disuelto, amonia y sulfuro de hidrógeno, metales pesados y otros parámetros ambientales pertinentes al desarrollo de larvas de camarones y camarones adultos.

Estudios recientes en Argentina han concluido que el desarrollo de las especies en las granjas acuícolas están estrechamente relacionados con mantener en forma adecuada las condiciones naturales de crecimiento de las especies [38].