

IV.- MATERIAL Y MÉTODOS.

El presente trabajo se realizó en el Parque Acuícola La Atanasia (Fig. 1), dentro de las instalaciones de la granja G. Rafael Buelna (Fig. 2, granja # 12). Se hicieron muestreos quincenales a partir del día 29 de agosto de 1997 y concluyeron el 30 de noviembre del mismo año. Los siete muestreos se realizaron durante el período de engorda. Se estudiaron dos estanques 5 y 6 (Fig. 2) para cultivo semi-intensivo, con una superficie de 8 hectáreas.

IV.1 Estaciones de monitoreo.

En cada estanque se midieron parámetros *in situ* y se colectaron muestras en tres sitios: entrada, interior y salida del agua. Todas las lecturas de parámetros ambientales y colecta de agua para análisis se hicieron por duplicado dentro de la compuerta de entradas y dentro de la compuerta de salida de los estanques. Para el caso de los muestreos en el interior de los estanques, se decidió hacer mediciones en tres estaciones, dado la extensión de los estanques, el promedio de ellos se tomó como representativo de todo el estanque, los muestreos se hicieron a las 08:00 a.m. como hora de inicio y entre cada estación de muestreo hubo un lapso de tiempo de 25 minutos.

IV.2 Determinaciones *in situ*.

Se midió directamente la temperatura, oxígeno disuelto, salinidad y transparencia. Para ello se utilizó un termómetro de cubeta, un oxímetro de campo ISY 51B, refractómetro de campo y un disco de Secchi.

IV.3 Colecta de agua para análisis.

Se tomaron muestras en botellas de plástico de un litro de capacidad, para el análisis de clorofilas, seston y sólidos sedimentables, las cuales se conservaron en hielo (de 4 a 7 horas) hasta que fueron procesadas en el laboratorio.



Fig. 1. - Fotografía del Parque Acuicola "La Atanasia" Sonora, México.

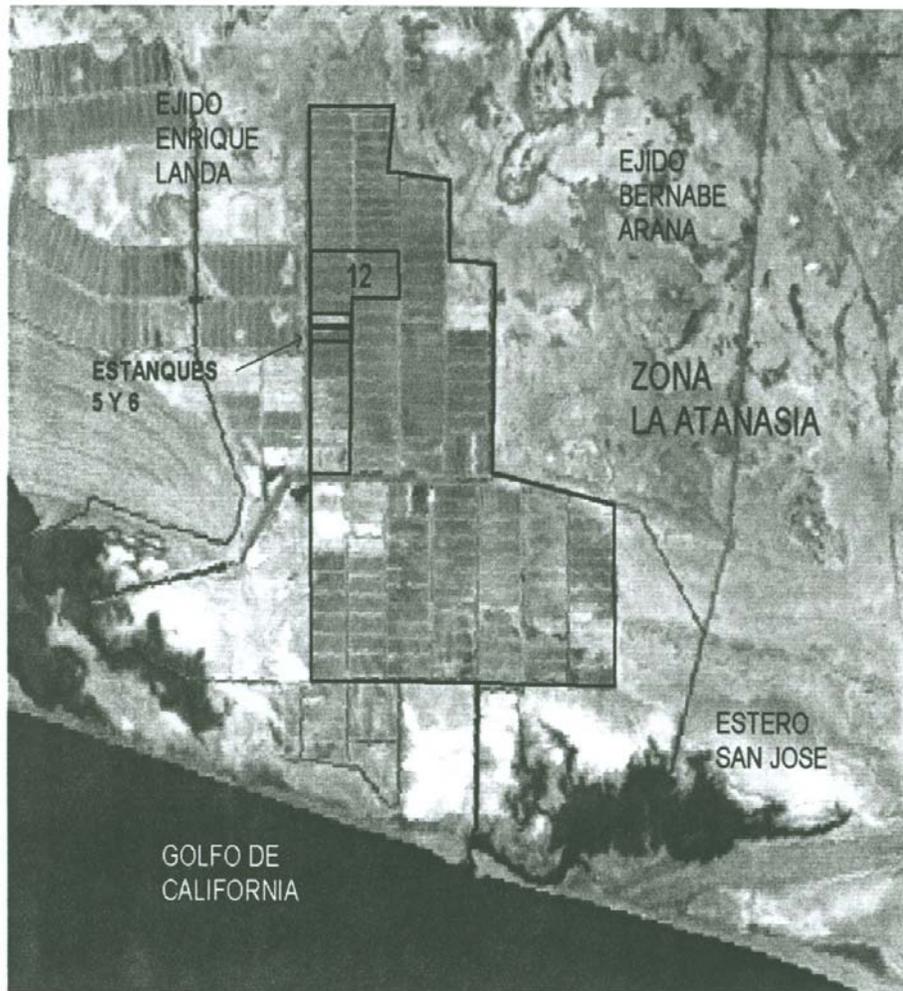


Fig. 2. - Localización de la granja Rafael Buelna (no.12) con los 2 estanques 5 y 6. (8 Ha) Lansat ETM.

IV.4 Productividad Primaria.

Se utilizó el método de medición de fotosíntesis con botellas claras y oscuras (Strickland y Parsons, 1972). En el interior de cada estanque se colectó agua en una cubeta de 20 litros sin provocar turbulencia, del agua de la cubeta se llenaron los dos pares de botellas claras y oscuras, evitando la oxigenación. Las botellas con la muestra de agua se colocaron suspendidas mediante flotadores en el centro de cada estanque durante un período aproximado de 6 horas. Al mismo tiempo de la colecta de agua se llenó otra botella y se fijó la muestra, la cual sirvió como testigo de oxígeno disuelto al momento de la incubación.

Al concluir la incubación las muestras se fijaron con sulfato manganoso y yoduro alcalino. Las determinaciones de oxígeno dentro de las botellas se hicieron por el método Winkler.

Los cálculos para la determinación de productividad se hicieron de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

$$\text{Fotosíntesis Bruta (FB)} = 605 \times f (V_{BC} - V_{BO}) / N \times PQ$$

$$\text{Fotosíntesis Neta (FN)} = 605 \times f (V_{BC} - V_{BT}) N \times PQ$$

$$\text{Respiración (R)} = 605 \times f (V_{BT} - V_{BO}) RQ / N$$

donde:

f = Factor de calibración de los reactivos.

V_{BC} = Mililitros de tiosulfato gastados durante la titulación de la botella clara.

V_{BO} = Gasto de tiosulfato en la botella oscura.

V_{BT} = Gasto de tiosulfato en la botella testigo.

N = Tiempo de incubación en horas.

PQ = Cuota fotosintética.

RQ = Cuota de respiración.

IV.5 Clorofilas.

La colecta y determinación de los pigmentos fotosintéticos se hizo de acuerdo a Parsons, *et al* (1984). Las muestras de agua colectadas se filtraron el mismo día de colecta utilizando una bomba de vacío equipada con un sistema de filtración. Se utilizaron filtros de fibra de vidrio GF/C Whatman de 1.2 micras de abertura de poro. El filtrado obtenido (fitoplancton) se envolvió en papel aluminio, se etiquetó y se congeló. La extracción de pigmentos se hizo triturando los filtros con metanol al 90%. en tubos para centrifuga, dejándose reposar en la oscuridad y en refrigeración (4°C) durante 22 horas. Posteriormente se hizo un centrifugado de los filtros y el sobrenadante se depositó en celdas de 1 cm. La lectura de los pigmentos se hizo en un espectrofotómetro a las longitudes de onda requeridas: 750, 664, 647, 630, 510 y 480 nm. Los cálculos para obtener los pigmentos se hicieron de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$(Ca) = \text{Clorofila } a = 11.85 E_{664} - 1.54 E_{647} - 0.08 E_{630}$$

$$(Cb) = \text{Clorofila } b = 21.03 E_{647} - 5.43 E_{664} - 2.66 E_{630}$$

$$(Cc) = \text{Clorofila } c = 24.52 E_{630} - 1.67 E_{664} - 7.6 E_{647}$$

$$(Cp) = \text{Pig. Carotenoides} = 7.6 (E_{480} - 1.49 E_{510})$$

$$\text{mg Clorofila m}^{-3} = C \times v / V \times 10$$

donde:

C = Valor respectivo para cada clorofila de acuerdo a la ecuación.

v = Mililitros de metanol usados en la extacción.

V = Volumen de agua filtrado en litros.

10 = Medida de la celda usada en las lecturas.

IV.6 Nutrientes.

Las muestras de agua se procesaron de acuerdo al manual del espectrofotómetro HACH DR 2000, para determinar nitratos (NO₃), ortofosfatos (PO₄) y silicatos (SiO₂). La muestra de agua obtenida después del filtrado de clorofilas se utilizó para las determinaciones de nutrientes. Se trabajó con muestras descongeladas a temperatura ambiente. Se usó cristalería previamente lavada con agua destilada y extran libre de fosfatos. Los nitratos se determinaron por el método de reducción de cadmio. Se utilizó la determinación de bajo rango

(0 a 0.40 mg/l $\text{NO}_3^{-\text{N}}$), dado las bajas concentraciones encontradas. Para la determinación de los ortofosfato se utilizó el método fósforo reactivo, también llamado método ortofosfato (Ácido Ascórbico), con un rango de detección de 0 a 2.5 mg/l de PO_4^{3-} . Para los análisis de silicatos se emplearon dos métodos, debido a que se encontraron concentraciones altas y bajas. Para las determinaciones de alto rango se empleó el método silicomolibdato con un rango de 0 a 100 mg/l. Para los análisis de bajo rango se utilizó el método Heteropoli Azul (0 a 1600 mg/l).

IV.7 Seston.

Antes del muestreo se prepararon los filtros. Se emplearon filtros de fibra de vidrio GF/C Whatman, los cuales se quemaron a 400°C por 8 horas, para eliminar la materia orgánica. Se secaron en desecador y se pesaron en una balanza analítica, se etiquetaron por numeración al cual le correspondió su peso (Peso Tara) y se envolvieron en papel aluminio. El filtrado se hizo empleando el mismo método descrito en la sección de clorofilas. Los filtros congelados con seston se deshidrataron hasta peso seco a 100°C durante 4 horas, en una mufla. Se enfriaron en desecador y se les registró el peso en una balanza analítica (Peso Seco). Posteriormente los filtros secos se quemaron a 400°C durante 8 horas en una mufla. Se enfriaron en desecador y se pesaron en una balanza analítica (Peso Quemado).

Cálculos:

Sólidos Suspendidos Totales : Seston Total.

$$\text{SST (mg/l)} = \text{Peso Tara} - \text{Peso Seco} / \text{Vol. Filt (lts.)} \times 1000.$$

Materia Orgánica en el Particulado o Seston Orgánico:

$$\text{MOP (mg/l)} = \text{Peso Seco} - \text{Peso Quemado} / \text{Vol. Filt (Lts.)} \times 1000$$

Materia Inorgánica o Seston Inorgánico:

$$\text{MI (mg/l)} = \text{SST} - \text{MOP}$$

IV.8 Procesamiento de Datos.

Para el procesamiento de datos se asumió que los datos no presentaron homogeneidad de variancias, por ser una muestra pequeña. Para la productividad primaria bruta fueron 21 datos y para el resto de las variables fueron 14 datos (por estación a través de todo el estudio). Por lo que se procedió a analizar los datos con una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (1952), utilizando el paquete Statistica, con su respectiva prueba de comparaciones múltiples (Conover 1971), esta última hecha con calculadora, con el propósito de determinar diferencias de las variables entre las diferentes estaciones de monitoreo. Se realizaron gráficas donde se representa el valor promedio quincenal para cada variable en cada muestreo por estación (entradas, interiores y salidas), en el programa Excel, añadiéndole en cada gráfica, en cada estación un valor de "p" (Kruskal-Wallis, 1952), obtenido por el paquete Statistica, para probar si existió variabilidad temporal. Además se construyeron diagramas de cajas y bigotes utilizando la media como punto central, el error estándar como el ancho de la caja y la desviación estándar como el ancho del bigote, estos diagramas se realizaron de esta manera (con la media) por la siguiente razón; en la gran mayoría de estudios antes hechos sobre este tema se han realizado calculando valores promedios, de esta forma se pueden comparar los resultados de este estudio con otras investigaciones. En estos diagramas se muestra el comportamiento de cada variable involucrada en el estudio, tanto en los interiores como en las entradas y salidas.