

Segunda etapa del ciclo de cultivo Llenado del estanque

El objetivo de esta etapa consiste en restablecer la comunidad biológica en el estanque, se busca que éste tenga un buen desarrollo del fitoplancton, del zooplancton y del bentos. Lo que significa establecer la comunidad de microalgas, las especies que las consumen, las poblaciones que se asientan en el fondo, así como la flora bacteriana natural del estanque.

Esta etapa es muy importante porque representa la fase de transición entre la fase seca y la fase húmeda, constituye un punto crítico para que las condiciones sean favorables antes del momento de la siembra. Las actividades principales consisten en el llenado gradual del estanque, la fertilización inicial, la inducción a la productividad secundaria y el inicio del monitoreo de la comunidad biológica.

Llenado gradual del estanque

Los estanques se llenan de agua de gradualmente, debido a que se ha comprobado que es la manera más eficiente de restablecer la comunidad biológica dentro de éstos. La razón de ello es que durante el llenado, se incorporan a la columna de agua una gran cantidad de nutrientes liberados durante los tratamientos de los suelos, mismos que forman un caldo de cultivo, para las especies que ingresan al estanque durante el llenado. Adicionalmente la poca profundidad del estanque, permite un mayor grado de mezcla lo que favorece la proliferación de microalgas y con ellas la proliferación del zooplancton.

Es muy importante en esta etapa que los filtros de control sean de la menor abertura posible y que se encuentren bien ajustados a la compuerta, para no dejar que los organismos competidores y depredadores entren durante el llenado y tomen la ventaja de ser los primeros en colonizar el estanque.

A continuación se describen los tres pasos sugeridos por Villalón (1994), para llenar un estanque, con algunos criterios adicionales que dependen de la profundidad de éste.

Paso	Profundidad	Cobertura	Duración	Observaciones
1	10-30 cm	60 % de la superficie del estanque	2 a 3 días	Equivalente a la profundidad de operación dividida por cuatro
2	30 - 50 cm	100 % de la superficie del estanque	2 a 3 días	Equivalente a la profundidad de operación del estanque dividida por dos
3	80 a 150 cm	100 % del volumen del estanque	5 días	Equivalente a la profundidad máxima de operación

Duración total de la etapa

9 a 14 días

Los criterios para establecer la duración de los pasos dependen de los siguientes factores:

1. Tamaño de los estanques.
2. Productividad del agua en el reservorio medida en turbidez y corroborada por conteo de microalgas.
3. Salinidad del reservorio y evaluación de las condiciones de evaporación o precipitación

En general la duración será más corta si el agua del reservorio garantiza una turbidez menor a 45 centímetros, si la salinidad de origen es alta, si las condiciones ambientales favorecen la evaporación o si el estanque es pequeño. Siendo más larga entre menor productividad haya en el reservorio, el agua sea más transparente, mayor sea el estanque, y cuando el mantenimiento de una capa delgada de agua, por varios días, no representa un riesgo, para una modificación de la salinidad.

El criterio para decidir la continuación del siguiente paso, consiste en la garantía de que la productividad en el estanque, ha alcanzado un grado de madurez que permita mantener una buena productividad posterior a la dilución del agua del estanque, durante la continuación del llenado.

En cada uno de estos pasos la llave de la productividad es la fertilización, ya que ella provee de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las microalgas en la columna de agua. La productividad en los estanques se clasifica en primaria y secundaria, la primera se basa en la biomasa vegetal en el estanque, normalmente integrada por microalgas y/o bacterias fotosintéticas y la segunda se basa en la biomasa animal que se alimenta de la productividad primaria, integrada por el zooplancton y el bentos.

Los métodos más prácticos para estimar la productividad primaria del estanque son; la profundidad iluminada medida con el disco de Secchi y/o el número de microalgas por mililitro, estimado bajo microscopio con cámaras de conteo celular. Mientras que la productividad secundaria, se puede evaluar por medio de la estimación de la biomasa por litro o metro cuadrado, así como por el número de organismos por litro o metro cuadrado.

Inducción a la productividad primaria (100)

Durante esta etapa se aplica el **método de fertilización inicial** o de arranque, hasta que se establece la comunidad fitoplanctónica en el estanque. Para el mantenimiento de la productividad durante la engorda, se practica el **método de fertilización rutinaria** y en la fase final es frecuente que la productividad se mantenga sola, por medio de la **fertilización natural** que resulta de la liberación de nutrientes que se obtiene por acción del alimento balanceado requiriendo solamente de la fertilización de manera extraordinaria.

Bajo estas consideraciones y por considerarlo de importancia fundamental en este paso es necesario hacer las consideraciones necesarias sobre las implicaciones que tiene la fertilización en el desarrollo de la comunidad biológica y de ésta con el camarón.

20

Como puede observarse en la Tabla 5 la fertilización de las granjas no sigue patrones homogéneos, a pesar de que se utilizan compuestos muy similares, ya que, las cantidades, proporciones y frecuencias de aplicación difieren considerablemente.

Tabla 5. Fertilización utilizada por diferentes granjas.

FERTILIZACION DE ARRANQUE						FERTILIZACION DE RUTINA						Frecuencia
NITRAT O	UREA	SUPER	PLIQ	P DIAM	Gallinaza	NITRATO	UREA	SUPER	PLIQ	P DIAM	Vacaza	de Fertilización
Nitrógeno	Nitrógeno	Fósforo	Fósforo	Fósforo		Nitrógeno	Nitrógeno	Fósforo	Fósforo	Fósforo		
	100	25					50	10				SEMANAL
	75	7.5					50	5			400	QUINCENAL
	50	5			500		40	2.5				A CRITERIO
	40	10					4	1				QUINCENAL
	30	2.4					30	2.4				SOLO SI BAJA
	27.7	3.3					2.8	0.4				MENSUAL
	25	5										A CRITERIO
	25		1									SEMANAL
	20		1				10		1			MENSUAL
	18	6			120	15	9	3			120	SEMANAL
	15	5					15	5				A CRITERIO
	15	3					15	3				MENSUAL
	12			2		20				2		A CRITERIO
8	12	1										A CRITERIO
	10			1			5			1		MENSUAL
	10											SEMANAL
35	4		2									A CRITERIO
10			1			10			2			SEMANAL
20				5		10				2.5		SEMANAL
												A CRITERIO
60				0.5		12				0.1		A CRITERIO
												NO FERTILIZA
5		1				5		1				A CRITERIO
15		5					7.5	2.5				A CRITERIO
17			3				25		3			A CRITERIO
20						10			0.5			NO FERTILIZA
												NO FERTILIZA
21.1	28.7	6.1	1.6	2.1	310.0	11.7	20.3	3.3	1.6	1.4	260.0	PROMEDIO
60.0	100.0	25.0	3.0	5.0	500.0	20.0	50.0	10.0	3.0	2.5	400.0	MAXIMO
5.0	4.0	1.0	1.0	0.5	120.0	5.0	2.8	0.4	0.5	0.1	120.0	MINIMO

Los datos están reportados en kilogramos o litros por hectárea y por aplicación.

NITRATO se refiere a nitrato de sodio

SUPER se refiere a superfosfato triple

PLIQ se refiere a un nutriente líquido que contiene fósforo

PDIAM a fosfato diamónico.

Fertilización inicial ^{si}

La fertilización inicial se administra según el nivel de llenado del estanque, una forma modificada a partir de la propuesta por Villalón (1994) es la propuesta en la siguiente Tabla:

Tabla 6. Fertilización inicial durante el llenado del estanque en secuencia de tres pasos.

Paso	Cantidad de fertilizante	Tipo de fertilizante	Aditivo	Observaciones
Previo al llenado	500-2000 kg /ha o 25 kg /ha	Gallinaza		Pobre en materia orgánica Suelos muy reducidos
1	9 kg /ha 0.9 kg /ha (1/2 litro)	Nitratos o urea Fosfato	Silicatos	Según la transparencia
2	14 kg /ha 1.4 kg /ha (3/4 litro)	Nitratos o urea Fosfato	92kg /ha de cal si hay retraso 3 kg /ha de metasilicatos	Si no hay desarrollo
3	23 kg /ha 2.3 kg/ha (1 litro)	Nitratos o urea Fosfatos		
Total	46 kg /ha 4.6 kg /ha (2 1/4 litro)	Urea Fosfatos		

En las granjas de Sinaloa se utilizan diferentes compuestos para la fertilización inicial, como fuentes de nitrógeno los más comunes son: urea, nitratos y gallinaza. Las fuentes de fósforo más comunes son: superfosfato triple, solución líquida con fósforo y fosfato monoamónico. También se utilizan fuentes de silicatos como el metasilicato de sodio, y en algunos casos en estanques muy pequeños de cultivo intensivo también se utilizan aditivos adicionales como el cloruro férrico y la solución EDTA. Como fuentes de carbón se utilizan los carbonatos de uso agrícola.

Las cantidades de **fertilizantes nitrogenados** que se utilizan **al inicio** por aplicación en cada uno de los productos utilizados se propone en la siguiente Tabla (# 7):

Nivel del fertilizante	Urea kg/ha por aplicación	Nitrato de sodio kg/ha por aplicación
Muy alto	41- 100	36 - 60
Alto	26 - 40	21 - 35
Medio	11 - 25	11 - 20
Bajo	4 - 10	5 - 10
Muy bajo	1 -3	1 - 4

Las cantidades de **fertilizantes fosforados** que se utilizan **al inicio** de acuerdo al producto son las que se muestran en la siguiente Tabla (# 8):

Nivel del fertilizante	Superfosfato triple kg/ha por aplicación	Fosfato líquido kg/ha por aplicación	Fosfato monoamónico kg/ha por aplicación
Muy alto	25		
Alto	8 -10	3	5
Medio	3 - 7.5	2	2
Bajo	1 - 8	1	0.5
Muy bajo	menor a 1	menor a 1	menor a 0.5

Los niveles de fertilización recomendados para otras regiones, se encuentran entre los niveles medios y altos con respecto a los utilizados en Sinaloa.

La mayor parte de los granjeros busca a través de la fertilización, alcanzar una coloración brillante de tonalidad amarillo-café, la cual es indicativa de una buena población fitoplanctónica. Una vez que el estanque alcanza su máximo nivel operativo y la población fitoplanctónica se ha establecido, se debe mantener un control combinado de fertilización y recambio, para mantener en buen estado de salud las poblaciones fitoplanctónicas, para ello se recurre a una fertilización rutinaria.

Fertilización rutinaria (10)

En general los fertilizantes utilizados en la fertilización de arranque son los mismos que los utilizados en la fertilización rutinaria, excepto que las cantidades de fertilizante por hectárea se reducen considerablemente. También se deja de usar la gallinaza y ocasionalmente se usa un fertilizante obtenido a partir de vacaza tratada en biodigestores.

Las cantidades de **fertilizantes nitrogenados** que se utilizan de **manera rutinaria** son las que se muestran en la siguiente Tabla (# 9):

Nivel de fertilización	Urea kg/ha por aplicación	Nitrato kg/ha por aplicación
Alto	13 - 20	16 -50
Medio	10 - 12	7.5 - 15
Bajo	5 - 9	5 - 7

Las cantidades de **compuestos fosforados** que se utilizan de **manera rutinaria** son las propuestas en la siguiente Tabla (# 10):

Nivel de fertilización	Superfosfato kg/ha por aplicación	Fosfato líquido litros/ha por aplicación	Fosfato diamónico kg/ha por aplicación
Alto	6 - 10	3	2.5
Medio	2.5 - 5	2	1 - 2
Bajo	0.4 - 2.4	1	0.1

Control de la productividad

En la mayor parte de los casos, el control de la productividad se fundamenta en las estimaciones de: la profundidad de disco de Secchi, el número de células fotosintéticas por mililitro, el nivel de saturación de oxígeno al atardecer, el nivel del pH al atardecer como un reflejo del consumo de bióxido de carbono, la concentración de nitrógeno y fósforo del estanque.

Profundidad del disco de Secchi

La mayor parte de las granjas deja de fertilizar cuando la visibilidad o turbidez, estimada a través de la medición de la profundidad de disco de Secchi, disminuye hasta valores de 35 cm, iniciando de nuevo cuando la profundidad rebasa los 35 centímetros. Según la profundidad del disco aplican una ración o media ración de las cantidades especificadas en las tablas de fertilización, siendo más pequeña la ración cuando la profundidad se acerca a los 35 cm.

Los criterios utilizados por las granjas, se encuentran dentro de los niveles con los que se puede calificar el estado de desarrollo de la comunidad fitoplanctónica, tal y como puede apreciarse en la Tabla 5. Debe considerarse que ésta es solamente indicativa y debe ajustarse en cada granja, ya que la profundidad de disco de Secchi, no necesariamente indica la productividad del estanque. Aunque es la mejor aproximación, las lecturas siempre deben interpretarse en conjunto con el número de células por mililitro, el nivel de pH y del oxígeno que se hayan medido durante el atardecer.

Algunos de los aspectos que deben considerarse con respecto a las mediciones de disco de Secchi, son los siguientes;

1. Las mediciones de turbidez pueden estar deformadas por materia orgánica o sólidos en suspensión.
2. La coloración de algunas especies de microalgas se oscurece o clarifica dependiendo de su estado de desarrollo.

3. Los niveles de turbidez tienen diferente significado según la profundidad del estanque. En un estanque profundo se puede tolerar una turbidez mayor de 45 centímetros pero no una menor a 30 centímetros, mientras que en un estanque somero, una profundidad menor a 30 cm no es muy problemática, pero si una mayor a 45 cm.
4. Las acciones de recambio que se pueden originar por los niveles de turbidez son más fáciles de realizar en los estanques pequeños que en los grandes, por lo tanto, se puede tolerar una turbidez alta en un estanque pequeño pero no en uno grande.
5. Cuando se observen valores de la profundidad de disco de Secchi fuera del intervalo establecido como normal, deben corroborarse los otros factores involucrados para comprobar si ello puede ser un problema.

Tabla 11. Estado de desarrollo del fitoplancton de acuerdo a la turbidez.

Profundidad del disco de Secchi	Estado de desarrollo del fitoplancton Acciones y recomendaciones
Menor a 20 cm	Demasiada turbidez, riesgo de pH altos al atardecer y caídas de oxígeno por la madrugada. Verificar si la turbidez es por microalgas, revisar pH por la tarde y oxígeno por la mañana, puede requerir suspender fertilización, incrementar recambios e inducir el zooplancton
20 - 30 cm	Fitoplancton excesivo anuncia problemas futuros. Verificar el número de células por mililitro, el nivel de pH por la tarde y el del oxígeno en la madrugada, es probable que requiera suspender fertilización, hacer recambios e inducir la productividad secundaria
30 - 45 cm	Fitoplancton en buenas condiciones. Corroborar el número de células por mililitro, para descartar turbidez originada por otro factor, verificar pH por la tarde y oxígeno por la madrugada.
45 - 60 cm	Fitoplancton escaso. Corroborar con conteos de microalgas en células por mililitro y mediciones de oxígeno, puede requerir fertilización y suspender la inducción del zooplancton
Mayor a 60 cm	Productividad muy baja. Riesgo de colonización del fondo por macroalgas, puede requerir fuerte recambio combinado con fertilización

Número de células por mililitro

Uno de los criterios de manejo de la productividad en estanques, se fundamenta en mantener la máxima concentración de células por mililitro, que no cause deflecciones menores a 3 ppm, en los niveles de oxígeno del amanecer. Por ello se debe acoplar el criterio del máximo número de células con el de máximo equilibrio, siempre y cuando el pH del atardecer no suba arriba de 9 y la diferencia entre el oxígeno del atardecer y el del amanecer no sea muy

grande, ni que el oxígeno del amanecer baje de 3 ppm. El criterio de máxima concentración de células por mililitro puede variar significativamente entre una estación del año y otra, o bien de acuerdo a las especies dominantes y al tamaño de las células. En la estación de las temperaturas altas, los riesgos son mayores que en las temperaturas bajas, por el efecto de éstas, sobre la solubilidad del oxígeno. De igual manera cuando las especies dominantes tienen células muy grandes, también pueden representar un problema, por tal razón el criterio de máxima concentración de células debe utilizarse conjuntamente con el criterio de pH al atardecer y oxígeno al amanecer.

Este criterio es utilizado por granjas que verifican que las lecturas de turbidez, estén relacionadas con el número de células por mililitro, para lo cual emplean una cámara de conteo denominada hematocitómetro o cámara de New Bauer. Esta cámara en realidad es un portaobjetos de vidrio que contiene una pequeña cámara cuadrículada, la cual contiene un volumen conocido y permite el conteo de células estimando su número por mililitro. Esta cámara tiene el problema de que subestima la densidad de las microalgas de mayor tamaño, para evitar éste problema es más recomendable el uso de la cámara de Sewik Rafer en lugar de la de New Bauer, ya que cuenta con una cámara más profunda, que permite un mejor conteo de las microalgas muy grandes como algunas diatomeas y puede permitir el conteo de protozoarios.

Quienes utilizan este criterio, fertilizan cuando las poblaciones microalgales son inferiores a 70,000 células por mililitro y dejan de fertilizar cuando las microalgas rebasan las 300,000 células por mililitro. Cuando se utilice este criterio debe contrastarse con los otros parámetros anteriormente mencionados, debido a la importancia que puede representar el tipo de especies que se encuentren en el estanque y el tamaño de sus células.

El conteo del número de células es un excelente apoyo a las mediciones de turbidez, pues las microalgas pueden cambiar de color como respuesta a las condiciones del estanque, por lo general se oscurecen cuando están llegando al límite de la capacidad de carga del estanque. En poblaciones excesivas de microalgas, el disco de Secchi puede indicar no sólo la abundancia de fitoplancton, sino también el cambio de color de las mismas. Por otra parte, cuando las microalgas se encuentran en la fase de crecimiento rápido tienen un color menos intenso, por lo que el estanque puede observarse poco turbio. Por lo anteriormente mencionado, una baja turbidez no significa necesariamente que el número de células sea bajo, por ello debe de verificarse el número de células en lecturas de disco de Secchi mayores a 40 centímetros.

Nivel de saturación del oxígeno ^{NO}

Las lecturas de oxígeno de la tarde son indicativas de la actividad fitoplanctónica, pues las microalgas producen oxígeno a lo largo del día, por lo general quienes utilizan este criterio, fertilizan mientras el oxígeno no llega a niveles de saturación, y dejan de fertilizar cuando se alcanza el nivel de saturación, el cual depende de la temperatura y la salinidad.

Los niveles de oxígeno del atardecer son indicativos de la actividad fitoplanctónica, como se puede apreciar en la siguiente Tabla (# 12).

Nivel de oxígeno por la tarde 4 - 5 pm (mg/litro)	Estado del fitoplancton
Mayor a 14	Niveles de fitoplancton de alto riesgo, raros en agua marina
11 - 14	Niveles excesivos de fitoplancton
8 - 10	Poblaciones fitoplanctónicas moderadas
6 - 7	Actividad fitoplanctónica baja

La interpretación de la tabla anterior debe hacerse en todo caso con fundamento en los niveles de saturación del oxígeno, los cuales dependen de la temperatura y la salinidad del agua del estanque, como se puede apreciar en el siguiente cuadro sugerido por Boyd (1992).

T°C	Salinidad ppm (°/∞)								
	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	14.6	14.1	13.6	13.2	12.7	12.3	11.9	11.5	11.1
5	12.8	12.3	11.9	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	9.8
10	11.3	10.9	10.6	10.3	9.9	9.6	9.3	9.0	8.8
15	10.1	9.8	9.5	9.2	8.9	8.6	8.4	8.1	7.9
20	9.1	8.8	8.6	8.3	8.1	7.8	7.6	7.4	7.2
25	8.2	8.0	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6
30	7.5	7.3	7.1	6.9	6.8	6.6	6.4	6.2	6.1
35	6.9	6.8	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	5.8	5.6
40	6.4	6.3	6.1	5.9	5.8	5.6	5.5	5.4	5.2

Los datos sólo muestran la tendencia de los valores cuando aumenta la temperatura y la salinidad, sin embargo, pueden variar en función de la presión atmosférica y la fuente de oxígeno que se aplique al agua. Cuando el agua esta sujeta a aireación con oxígeno de origen atmosférico los niveles de concentración que se alcanzan son menores que cuando se utiliza oxígeno puro o bien oxígeno que proviene de la fotosíntesis. El cuadro se presenta para ilustrar que en cada estación del año la interpretación de los niveles de oxígeno mostrados en la Tabla 12 pueden diferir significativamente. Es normal que en invierno los niveles de concentración de oxígeno alcanzados al atardecer sean más altos que en el verano.

pH

Las lecturas de pH de la tarde son indicativas de los niveles de consumo de bióxido de carbono e indirectamente de la productividad. Quienes usan este criterio dejan de fertilizar

cuando los pH son superiores a 8.5, un pH superior a 9 es indicativo de una reducción en los niveles de bióxido de carbono y de una gran actividad fotosintética, lo cual se ilustra en la siguiente Tabla (# 13).

Niveles de pH al atardecer (4 - 5 pm)	Estado del fitoplancton en el estanque
Mayor a 9.5	Niveles excesivos de fitoplancton
9 - 9.5	Niveles elevados de fitoplancton
8.2 - 9.0	Fitoplancton suficiente, debe suspenderse la fertilización
7.4 - 8.2	Poblaciones fitoplanctónicas en su nivel bajo, debe fertilizarse
7.0 - 7.4	Problemas de productividad y de oxigenación, debe fertilizarse y hacer recambio
Menor a 7	Problemas de acidez en el estanque, hacer recambios muy fuertes

Concentración de nitrógeno y fósforo en el estanque

La concentración de nitrógeno y fósforo es uno de los criterios más objetivos para calcular el fertilizante que debe añadirse a un estanque. Si bien la decisión de fertilizar o no, depende del análisis conjunto de las lecturas de: disco de Secchi, número de células por mililitro, pH y oxígeno. La concentración de nutrientes en el estanque constituye un criterio adicional que debe utilizarse principalmente cuando el fertilizante no tenga efecto, se ha sugerido que el nivel de nutrientes de nitrógeno y fósforo debe mantenerse bajo ciertos niveles. Para un adecuado crecimiento de las microalgas, el nitrógeno en el estanque debe mantenerse en niveles superiores a 1.3 ppm o 1.3 gramos por metro cúbico de agua, mientras que el fósforo debe mantenerse a niveles mayores a 0.15 ppm o 0.15 gramos por metro cúbico (Villalón, 1994).

Las granjas que utilizan este criterio, fertilizan si las concentraciones de nitrógeno se reducen por abajo de 0.9 ppm y las de fósforo por debajo de 0.1 ppm, cuando adicionalmente se observa una baja productividad estimada por los métodos mencionados anteriormente. La aplicación de este criterio requiere contar con facilidades para la medición de las concentraciones de nitrógeno y fósforo, así como de una metodología para elegir la cantidad de fertilizante a utilizar. Para un conocimiento de los métodos de estimación de nutrientes, consultar el trabajo de Mendez y Acosta (1998) en el Volumen III del Manual de referencia.

Método de fertilización basado en la concentración de nutrientes

Una forma de evaluar la cantidad de fertilizante por el método de la concentración de nutrientes es la recomendada por Franco (1994), la cual se describe a continuación:

1. Se determina la concentración mínima recomendable que cada nutriente debe tener en el agua del estanque en gramos por metro cúbico.
2. Se determina cual es la concentración del nutriente en el agua del estanque expresado en gramos por metro cúbico.
3. Se evalúa la diferencia entre ambas concentraciones en gramos por metro cúbico, el resultado obtenido es la cantidad del nutriente que debe añadirse por metro cúbico.
4. Dado que los fertilizantes comerciales tienen diferentes porcentajes de cada nutriente, la cantidad de fertilizante se estima considerando el requerimiento del nutriente en gramos por metro cúbico y se divide entre la proporción del nutriente que tenga el fertilizante seleccionado.
5. Para hacer el cálculo anterior debe consultarse con el proveedor el porcentaje de los diferentes nutrientes de cada producto.
6. Una vez determinado el requerimiento de fertilizante por metro cúbico, se extrapola al volumen del estanque, el cual resulta de la multiplicación de la profundidad promedio por la superficie.

Por lo general se sabe que las diatomeas requieren concentraciones de nutrientes que se encuentren en la proporción de 16 partes de nitrógeno por una de fósforo. En la práctica no se usa esa proporción en estanques de tierra, porque los sedimentos interfieren con los compuestos fosforados y es muy común que los fosfatos sean sedimentados, sobre todo cuando se tienen muchas partículas minerales suspendidas en la columna de agua. Por ello no es recomendable fertilizar en áreas muy revueltas, ni tampoco en días con vientos muy fuertes, exceso de mezcla y sólidos en suspensión en la columna de agua.

Fertilización

Se puede aplicar **fertilización a criterio**, utilizando los fundamentos anteriormente descritos, o bien, **fertilización periódica**, la cual puede ser **semanal**, **quincenal** o **mensual**. También puede opcionalmente no fertilizarse, si la productividad natural se mantiene en niveles adecuados, si se observa una productividad muy alta en la fuente de abastecimiento de agua o bien se detecta un exceso de nutrientes dentro del estanque provenientes del uso de alimentos. Otra opción consiste en utilizar una **fertilización combinada**, la cual debe iniciar con una fertilización periódica, cuyo período se va ampliando y la cantidad se va reduciendo, se continua con fertilización a criterio, y finalmente, se deja de fertilizar cuando el estanque ya mantiene su población fitoplanctónica, con los nutrientes que se generan en el mismo. Este último esquema resulta ser el más real, debido a que la cantidad de nutrientes naturales en el

estanque se va incrementando paulatinamente a medida que transcurre el cultivo. Este proceso se conoce como enriquecimiento paulatino de nutrientes y se debe en gran medida a la descomposición del alimento no consumido, así como a la excreción de los camarones, la biomasa zooplanctónica y a la liberación de nutrientes producto de la descomposición microbiana de la materia orgánica.

El enriquecimiento paulatino de nutrientes en los estanques

Es el proceso de incremento en la concentración de nutrientes, que ocurre a lo largo de la engorda, debido principalmente al aumento de la excreción de la biomasa animal y al incremento de la liberación de nutrientes, originada por el incremento en el alimento utilizado, el cual es descompuesto por la actividad bacteriana, liberando nutrientes de origen orgánico, de aquí que al inicio de la engorda puede haber un déficit de nutrientes, mientras que al final puede haber un excedente (ver Figura 28).

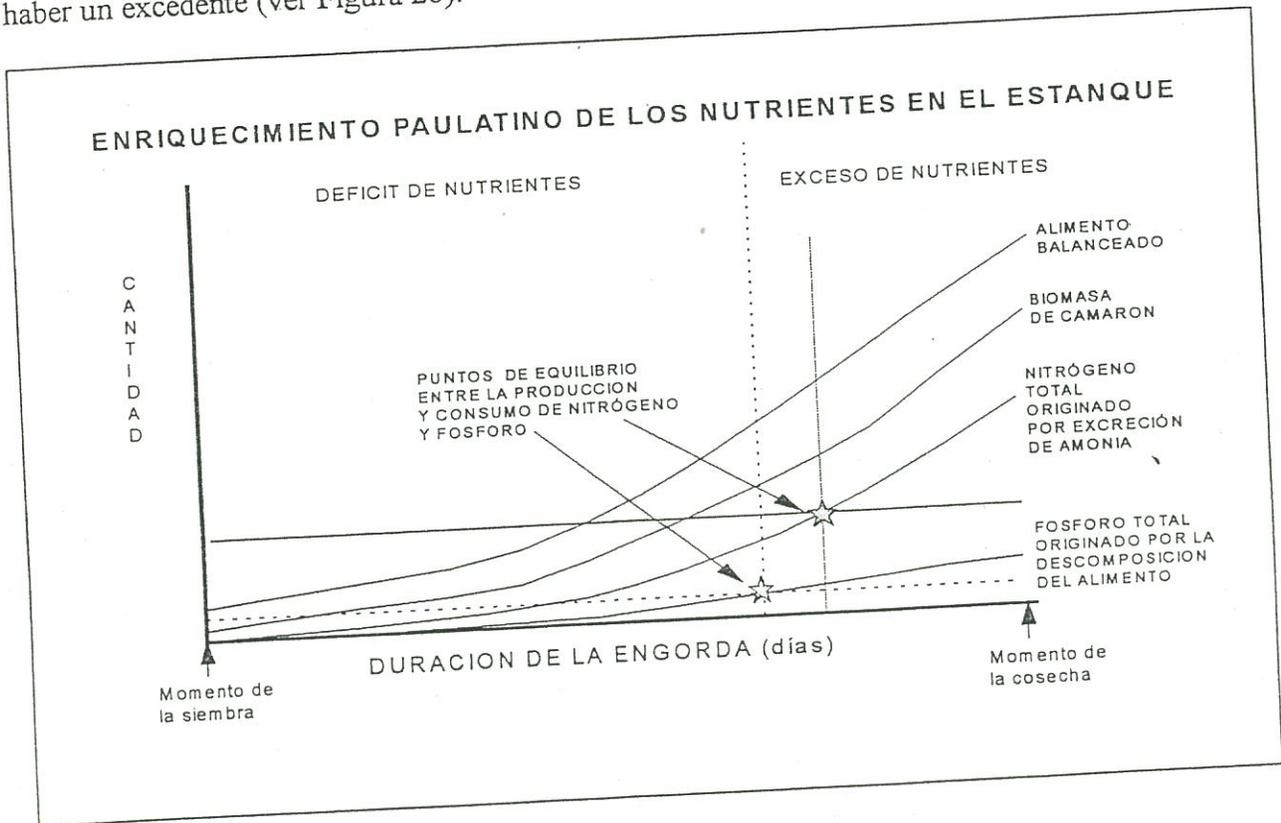


Figura 28. Incremento en la concentración de nutrientes durante la engorda.

Cuando los estanques inician y aún no se ha suministrado alimento, los nutrientes de origen orgánico se encuentran en menor cantidad. Cuando la concentración de estos no permite el crecimiento de las microalgas, entonces el disco de Secchi marca una profundidad mayor a 50 centímetros. En estas condiciones resulta necesario adicionar al estanque nutrientes de nitrógeno y fósforo, los cuales actúan a favor del crecimiento de las microalgas y reducen la profundidad del disco de Secchi a valores de 30 a 45 cm. Cuando la biomasa animal se incrementa por el crecimiento del camarón y se aumenta el alimento en el estanque, entonces se intensifica gradualmente la liberación de nutrientes, a partir de tres fuentes fundamentales, la

descomposición orgánica del alimento no consumido, las excreciones del propio camarón consistentes en heces fecales y amoníaco y las excreciones de la biomasa animal del zooplancton y del bentos. El punto de máxima liberación, se logra en la última etapa del cultivo, en la que ya se observa una acumulación de materia orgánica, entonces la biomasa del camarón y otras especies llega a su máximo. En esta etapa la liberación de nutrientes de origen orgánico, puede llegar a rebasar la capacidad del sistema para asimilarlas, lo que puede resultar en un exceso de nutrientes.

Considerando esta dinámica, desde el punto de vista de los nutrientes, el inicio de la engorda puede tener un déficit en ellos, que es necesario subsanar, mientras que en la fase final se puede llegar a un excedente de nutrientes, si este es el caso, la fertilización debe suspenderse.

Esta es la razón por la cual las granjas de Sinaloa utilizan en promedio una doble cantidad de fertilizante al inicio, disminuyéndola a la mitad en la fertilización de rutina, y explica por qué muchas granjas sólo aplican fertilización inicial y la productividad se mantiene por sí sola el resto de la engorda. También puede explicar por qué quienes fertilizan a criterio, van disminuyendo sus aplicaciones a medida que la productividad se mantiene debido al enriquecimiento gradual de nutrientes de origen orgánico.

Esta declinación de la tasa de fertilización a medida que el cultivo progresa, puede ser más pronunciada en los cultivos intensivos que en los semi-intensivos, y mayor en estos últimos que en los extensivos. De tal manera que la densidad de cultivo y el alimento total aplicado por hectárea se incrementan con la intensidad del mismo, por lo tanto esta intensificación también tendrá un impacto en la producción de nutrientes de origen orgánico. De esta manera en los cultivos intensivos, la fertilización puede suspenderse en etapas más tempranas que en el caso de los cultivos de menor densidad. Por otra parte, en los cultivos extensivos donde no se utiliza alimento, los requerimientos de fertilizantes podrían prolongarse durante toda la engorda.

La tasa de fertilización no sólo se ve influida por la etapa de cultivo, y la intensidad del mismo sino también por la fuente de abastecimiento de agua y la estación del año. Por lo general las granjas con abastecimiento de agua de mayor transparencia puede requerir más fertilizante que aquellas que tienen una mayor turbidez. La dinámica de los nutrientes puede verse afectada por los cambios estacionales, cuando la temperatura del agua disminuye, no sólo se reduce la actividad del camarón, sino también puede disminuir la actividad microbiana y por ende abatir la producción de nutrientes de origen orgánico, lo cual puede provocar una caída en la productividad.

Otros factores pueden estar relacionados con la presencia de factores que faciliten el secuestro de nutrientes por los sedimentos en suspensión, como es el caso de los fosfatos, los cuales tienen una gran afinidad por las partículas de minerales, esto puede provocar una caída de productividad por limitación de fósforo, aún cuando se tenga un exceso de nitrógeno. Debe de considerarse que en estanques de tierra, el nutriente más limitante es el fósforo, no el nitrógeno, mientras que en estanques con fondo de plástico o concreto la limitación por fósforo es menos probable. Antes del invierno o en las lluvias debe ponerse especial atención a los

niveles de fósforo, ya que en estos casos podría requerirse mayor cantidad de fósforo que de nitrógeno.

Composición del fertilizante

La mayor parte de las granjas utilizan la siguiente combinación de nutrientes:

Nitrógeno (urea, nitrato, compuesto nitrogenado líquido)
Fósforo (superfosfato, fosfato monoamónico, un compuesto líquido con fósforo)

Adicionalmente, cuando se quieren fomentar las diatomeas se utiliza silicio (metasilicato), y opcionalmente fierro (cloruro férrico) o algunos aditivos como el foliar.

Formas de aplicación

La fertilización inicial se aplica al agua que entra a los estanques por medio de un saco permeable que se fija en la entrada del agua, mediante el cual, los compuestos, que por lo general son granulados, se disuelven lentamente. En algunos casos, el nitrato se volea directamente al suelo antes de llenar el estanque, lo mismo ocurre con la gallinaza. Mientras que la fertilización de rutina, que por lo general se aplica en forma de solución, se distribuye alrededor del estanque, o bien en por medio de una lancha si el tamaño del estanque lo requiere.

En los métodos de aplicación debe ponerse énfasis en los siguientes aspectos;

1. Es importante que los fertilizantes se encuentren diluidos para evitar que una alta concentración y densidad los precipite al fondo del estanque.
2. Entre más lenta sea la liberación y más dure el fertilizante cerca de la superficie es mucho mejor.
3. El mejor horario de aplicación es por la mañana, que es cuando inicia la actividad fitoplanctónica, no tiene sentido fertilizar en el atardecer o por la noche.
4. Es más conveniente incrementar la frecuencia de fertilización que la cantidad, pues cantidades muy grandes de fertilizante pueden crear variaciones nocivas en los niveles de pH y de oxígeno.
5. La liberación del fertilizante por todo el estanque es buena, pero debe evitarse fertilizar cerca de las compuertas de salida, sobre las zonas de sedimentación de materia orgánica y sobre zonas revueltas por el viento o por la actividad del camarón.
6. Los fertilizantes líquidos, sobre todo los que contienen fósforo son mejores que los que vienen en presentación sólida, pero deben diluirse antes de aplicarse para que no se vayan al fondo por diferencia de densidades.

7. En estanques con alta salinidad se debe aplicar el fósforo en la compuerta de entrada si es que tiene menor salinidad, pues la salinidad elevada interfiere en la solubilidad del fósforo.
8. Si el fósforo viene en una presentación sólida asegurarse que sea bien diluido, si es necesario debe calentarse el fertilizante o bien poner a hervir el agua con el que se va a disolver. Si resulta difícil la disolución debe cambiarse el compuesto por otro más soluble.

Interacción del fitoplancton con los gases disueltos

El desarrollo del fitoplancton, dentro del estanque, se encuentra muy relacionado no sólo con los nutrientes, sino también con los gases disueltos. El fitoplancton es el principal productor de oxígeno, produce más del 70 % del oxígeno total del estanque, los aireadores mecánicos no compiten con el fitoplancton en las horas de iluminación. Ya que durante las horas del día actúa como un enorme panel solar productor de oxígeno. Al final de las horas luz, se tendrá un máximo acumulado de oxígeno producido por el fitoplancton, por lo tanto los niveles máximos de oxígeno ocurrirán al atardecer.

Paralelamente la producción de oxígeno se obtiene a partir de la transformación del bióxido de carbono y el agua en el proceso de la fotosíntesis, por lo tanto, los niveles de bióxido de carbono tenderán a sus valores mínimos al término del período luminoso, pues a lo largo de éste el fitoplancton consumirá este gas.

Dado que el bióxido de carbono es un gas que en solución se disuelve formando ácido carbónico, la presencia de éste provoca un incremento de la acidez, la cual se refleja en una disminución del pH, que se puede medir por medio del pHmetro. Por el contrario, el consumo de bióxido de carbono por el fitoplancton reducirá la acidez del agua de mar e incrementará su valor básico, lo que se reflejará en un aumento del pH.

Durante las noches, la reducción de la actividad fotosintética, reduce a su vez el consumo de bióxido de carbono, mientras que por otra parte, se incrementa por la respiración de todos los seres vivos del estanque, provocando una reducción del oxígeno, paralelo a una reducción del pH.

Dado que el consumo del bióxido de carbono ocurre fundamentalmente en las horas luminosas, cuando las microalgas realizan la fotosíntesis, por lo tanto, el ciclo luz-oscuridad, o día-noche inducirá un ciclo correlativo en la fluctuación de los niveles de oxígeno, bióxido de carbono y pH. Siendo similares los ciclos oxígeno y pH e inverso en el caso del bióxido de carbono, estos ciclos también se verán influenciados por la longitud del día, entre el invierno y el verano, así como en los días nublados. Los ciclos mencionados pueden verse esquematizados en la Figura 29.

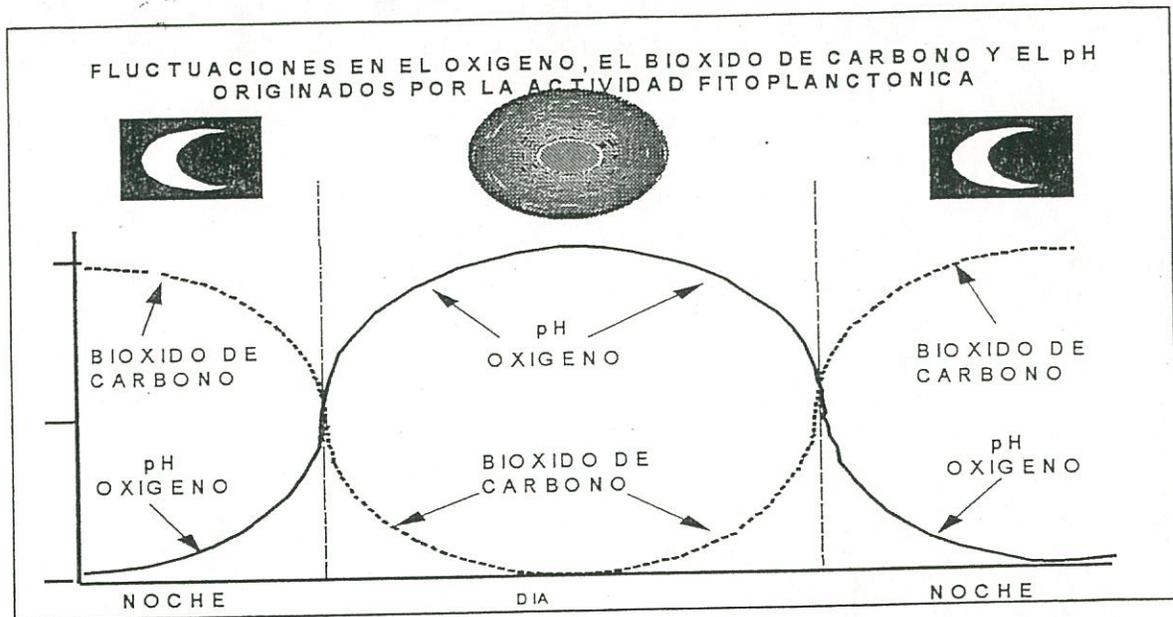


Figura 29. Oscilación diaria en los niveles de oxígeno, bióxido de carbono y pH en estanques de cultivo.

Beneficios del fitoplancton para el camarón

1. Proporciona una sombrilla al camarón que lo protege de los depredadores, incide en la tranquilidad y en los horarios de actividad de éste. Cuando el estanque es muy claro, incluso el camarón remueve los sedimentos para crear un ambiente de turbidez.
2. Proporciona alimento a la comunidad animal del estanque, ya que constituye la base de la cadena alimenticia.
3. Su valor nutritivo es muy alto, particularmente el de las diatomeas
4. Absorbe el amoníaco del estanque que es excretado por el camarón
5. Produce cerca del 70% del oxígeno que consume la biomasa del tanque.
6. Alimenta al zooplancton
7. Alimenta parte del bentos
8. Regula el pH a través del consumo de bióxido de carbono, lo cual es muy benéfico en los estanques con suelo ácido.
9. Ayuda a mantener una temperatura más agradable en el fondo del estanque durante la estación cálida evitando el efecto de sobrecalentamiento de los fondos.

Contraindicaciones del exceso de fitoplancton

Un exceso de fitoplancton puede provocar incrementos de pH hasta niveles superiores a 9, que pueden ser muy peligrosos si se combinan con altos niveles de amonía, sobre todo cuando la fotosíntesis no progresa por falta de carbón y se reduce la absorción de amonía por el fitoplancton. El fitoplancton en exceso impide que las microalgas del fondo del estanque realicen la fotosíntesis, por efecto sombrilla, también puede provocar caídas nocturnas de oxígeno. que pueden agravarse en días nublados.

Para controlar los excesos de fitoplancton se recomienda aplicar las siguientes recomendaciones:

1. Recambiar el agua del estanque, siempre y cuando la toma de agua tenga una menor concentración de células por mililitro.
2. Aplicar cal en húmedo que favorece la precipitación de las microalgas por floculación.
3. Incrementar la comunidad de los consumidores de fitoplancton por medio de los inductores de zooplancton.

Inducción a la productividad secundaria

Por lo general quien fertiliza supone que los afloramientos de fitoplancton favorecen automáticamente el crecimiento de la biomasa zooplanctónica, sin embargo, aunque esta lógica funcione en términos generales. Implica también que el responsable del estanque deja el desarrollo del zooplancton a las interacciones naturales del estanque sin influir en el proceso.

Recientemente algunos granjeros de Sinaloa, comenzaron a desarrollar la idea de inducir el zooplancton por medio de un procedimiento conocido como técnica de inducción o de los inductores. Esta técnica tiene como propósito potenciar el desarrollo del zooplacton para incrementar la calidad del alimento vivo, su cantidad y tamaño.

Técnica de los inductores de zooplancton

Método de la alfalfa

Este método consiste en colocar un inductor por cada dos hectáreas en la parte del estanque donde pegue menos el viento, el cual debe sujetarse para que no se mueva y quede flotando en la superficie.

El inductor puede ser una bolsa de plástico tipo arpilla, o una bolsa de malla mosquitera dentro de una caja de plástico perforada.

Cada bolsa contiene una preparación de 3 kilogramos de alfalfa secada al sol, bañada por una mezcla de 30 gramos de levadura para pan, 80 ml de aceite de hígado de bacalao, 400 ml

de aceite de pescado, 500 gramos de harina de soya, 1 gramo de ácido ascórbico y 5 litros de agua.

Método de la vacaza

Otro tipo de fermento que se utiliza es la vacaza procesada en un biodigestor, aunque se desconoce si tiene un efecto similar al de la técnica anterior. Se utilizan de 10 a 15 kilogramos por hectárea de una pasta de vacaza fermentada en un biodigestor.

La forma de prepararla es la siguiente:

En un recipiente de plástico se coloca la vacaza y se le añade levadura de pan, melaza o azúcar de ingenio, algún ácido como el ascórbico, emulsión de Scott, aceite de pescado, harina de trigo o de maíz. La pasta se bate y se humedece, dejándola fermentar por varios días. A este proceso se le denomina biodigestión, conforme transcurran los días el pH de la pasta tenderá a bajar, cuando haya llegado a niveles de 4 o 5 deberá neutralizarse con carbonato de calcio. Una vez neutralizado, se huele para ver si el olor desapareció. Si las vacas se alimentan principalmente de pastos y no consumen alfalfa, puede ser recomendable añadir adicionalmente algún fertilizante que contenga nitrógeno y fósforo, para mejorar la digestión de la pasta.

Las postlarvas de camarón después de P10 pueden consumir copépodos, rotíferos, protozoarios, larvas de poliquetos, larvas de moluscos, microcrustáceos y muchos otros componentes del zooplancton, por lo cual el fomento de estas especies puede resultar muy benéfico para el desarrollo del camarón en su etapa juvenil.

Los niveles de copépodos que se pueden encontrar oscilan entre 500.000 y 1,500,000 copépodos por metro cúbico, equivalentes a 500 y 1,500 copépodos por litro. Algunas especies del zooplancton al consumir los pigmentos, lípidos y proteína de las microalgas, las transforman haciéndolas más aprovechables al camarón.

Inducción al bentos

El bentos se encuentra formado por muchas especies que colonizan los sedimentos de los estanques. Entre los que se puede citar a los poliquetos y algunas especies de moluscos. Los poliquetos son muy importantes para el crecimiento rápido del camarón y su ausencia puede estar implicada en la reducción de las tasas de crecimiento.

En los estanques de camarón, frecuentemente queda en la zona somera de los taludes una cantidad importante de estos poliquetos, los cuales pueden identificarse por una multitud de pequeños tubos que sobresalen del fondo de los estanques.

Algunos granjeros han experimentado la inducción de estas especies con buenos resultados, mediante un procedimiento similar al descrito para copépodos. Otra técnica que se ha recomendado consiste en inocular poliquetos a lo largo de los bordos de reservorio, o bien crear áreas de exclusión dentro del estanque, donde los reproductores de los poliquetos puedan reproducirse sin la presión de los camarones.

El método de estimación de la biomasa del bentos se realiza a través de la toma de muestras del fondo, su tamizado y lavado. Posteriormente se puede pesar la biomasa remanente o bien contar el número de organismos. Los datos se extrapolan a kilogramos por metro cuadrado o número de individuos por metro cuadrado.

Monitoreo de la comunidad biológica

La comunidad biológica del estanque antes de que el camarón sea sembrado puede estar integrada por los siguientes componentes:

- La comunidad microbiológica (bacterias, levaduras, hongos)
- El Fitoplancton (microalgas y bacterias fotosintéticas)
- El zooplancton (copépodos, larvas de crustáceos y moluscos)
- El bentos (poliquetos, moluscos y especies de crustáceos)
- Poblaciones de competidores (peces omnívoros)
- Poblaciones de depredadores (peces carnívoros)

Cada una de estas comunidades juega un papel importante en la vida del estanque, constituye un rompecabezas, en la que cada población juega un rol específico y en conjunto forman una verdadera maquinaria biológica, cuya función consiste en transferir la energía solar a lo largo de cadenas de consumo de energía biológica, denominadas cadenas tróficas. Mientras la comunidad microbiana libera los nutrientes, la fitoplanctónica los utiliza para formar alimento vegetal por la acción de la luz solar, el cual es transferido al zooplancton y al bentos por medio de especies forrajeras y filtradoras, los cuales a su vez sirven de alimento a los consumidores secundarios.

Todo productor busca que las comunidades del estanque tengan las piezas del rompecabezas que son favorables al camarón, tratando de evitar aquellas especies que interfieran en el crecimiento y sobrevivencia del mismo.

En otras palabras se busca que en el estanque dominen todas aquellas especies que puedan ser un buen alimento para el camarón y no el camarón un alimento de depredadores, ni que los competidores impidan que el camarón tenga libertad y exclusividad de consumo.

Dado que estas comunidades son muy complejas y variables, es importante que el productor se vaya familiarizando con aquellos grupos de especies que son clave para beneficio de la engorda, evitando aquellas que pueden ser nocivas.

De aquí que el monitoreo de los seis componentes biológicos principales debe ser una práctica cada vez más cuidadosa. Lo que permitirá ir familiarizando a los técnicos de la granja con las diferentes especies que conforman en cada región las comunidades mencionadas.

El monitoreo biológico completo se debe realizar antes de la siembra con los siguientes propósitos:

1. Evaluar si el estanque ya está maduro para la siembra. Entendiendo por madurez, que cumple con los requerimientos para asegurar una siembra exitosa.
2. Valorar si la profundidad del disco de Secchi se encuentra entre los 35 y 45 cm, el pH del agua en el atardecer entre 8 y 9, el pH del suelo arriba de 7, los niveles de oxígeno al atardecer entre 6 y 11 y los del amanecer arriba de 4 ppm.
3. Verificar que el fitoplancton se encuentre integrado por microalgas benéficas y que éstas tengan una población entre 100 mil y 200 mil células por mililitro, las cuales se pueden estimar por medio de las cámaras de New Bauer o Sewik Rafer.
4. Estimar la biomasa de componentes zooplanctónicos que puedan formar parte de la dieta natural de los camarones, particularmente copépodos, buscando que sus poblaciones superen los 500 copépodos por litro.
5. Realizar estimaciones de la abundancia de las poblaciones bentónicas, en particular del número de poliquetos por metro cuadrado, cuidando que esta cifra se encuentre entre los 1000 y 2000 por metro cuadrado.
6. Muestrear la columna de agua para verificar que no se encuentren presentes las poblaciones de depredadores de postlarvas de camarón, como las larvas de peces y los ctenóforos, los cuales son como pequeños globos de agua, parecidos a las medusas que se alimentan de larvas de peces y postlarvas de camarones.
7. Verificar que las larvas de peces no hayan colonizado el estanque y se conviertan en un riesgo para la sobrevivencia y la alimentación de las postlarvas. Si antes de sembrar se detectan larvas de peces o pequeños peces en el estanque, es recomendable vaciar el estanque y reiniciar de nuevo.

En la actualidad cada vez son más las granjas que se interesan por el conocimiento de la comunidad biológica dentro del estanque, siendo la comunidad fitoplanctónica la mejor observada, seguida por la zooplanctónica. Pero se observa aún poco seguimiento de la comunidad bentónica y la microbiológica.

También es muy importante que este monitoreo se realice por lo menos en los cambios de cada una de las siete etapas del ciclo de cultivo, para evaluar el estado que guarda la comunidad biológica en los momentos en que el camarón pasa de una etapa a otra.