

Primera etapa del ciclo de cultivo Mantenimiento y preparación del estanque

Esta etapa, comprende el período de tiempo entre el momento en que se terminaron las actividades de post-cosecha, como fueron la limpieza general del estanque, la sistematización, la planeación, la preparación del programa de trabajo, la capacitación y el momento en que inicia el llenado del estanque, la cual por lo general dura en promedio 30 días y puede acortarse o prolongarse según lo requiera el tratamiento del estanque.

La duración de esta etapa depende, entre otros factores de:

1. El tamaño del estanque
2. Su facilidad para ser drenado
3. El nivel del manto freático
4. La nivelación de los drenes del estanque
5. La estación del año, si es de lluvias o de secas
6. Los ciclos de las mareas, si son vivas o muertas
7. El estado en que se encuentren los fondos del estanque en cuanto a pH
8. El tipo de tratamiento que requieran los suelos

La mejor recomendación en cuanto a la duración de esta etapa, es darle el tiempo necesario para garantizar el éxito del ciclo que va a comenzar, no hacer las cosas de prisa sino bien hechas. Tampoco se debe abandonar la atención sobre un estanque que ha sido cosechado, sino por lo contrario se debe pensar que es el único momento en que se tiene acceso a mejorar las condiciones del sedimento, en la cuales habitará el camarón en el próximo ciclo.

Las actividades principales de ésta etapa en relación con el estanque, son las siguientes: análisis de suelos, tratamiento de fondos, nivelación de fondos, nivelación de taludes, mantenimiento de compuertas, instalación de tableros de control del recambio y filtros de control de depredadores. En paralelo a estas actividades, los responsables de la semilla deben estar realizando los preparativos para el abastecimiento y recepción de la misma.

Análisis de suelos

Antes de indicar un tratamiento a los suelos de los estanques, se debe realizar un buen diagnóstico del estado en que se encuentran, para que con base en los resultados de su análisis, se determine el manejo de los mismos. Para ello se recurre al muestreo del estanque, tomando datos directos del **color, aroma y pH.**

Color

En general el color de los suelos de los estanques es un indicador cualitativo de mucha importancia, pues permite establecer si puede presentarse un problema en el piso del estanque, lo cual siempre debe ser corroborado en el laboratorio.

Si se observa un color anormal en el sedimento, entonces debe anotarse la tonalidad, la cobertura y la forma en que se presenta la coloración, si ésta es uniforme o por manchas.

Por ejemplo una coloración amarillenta en forma de mancha, puede ser indicativa de compuestos de azufre ligados a un problema de suelos ácidos. Si la coloración es rojiza brillante puede estar relacionada con la presencia de hidróxido de hierro. Si la coloración es negra puede estar relacionada con compuestos reducidos de hierro, esta coloración en general es indicativa de condiciones anaeróbicas en el sedimento, y es la que comúnmente se observa en los lugares en que se acumula materia orgánica. El grado de la coloración y la profundidad en que se encuentra el color negro, indican los niveles de oxigenación que tuvieron los fondos en el ciclo anterior. Si la coloración es intensa y el color se extiende más de 10 centímetros del fondo indicará que hubo deficiencias significativas en los niveles de oxígeno en el fondo, si la coloración es tenue y superficial indicará que la deficiencia de oxígeno no fue tan grande.

Si se detecta una coloración diferente del negro o la coloración normal de los suelos de la granja en estado virgen y se haya extendida en una porción importante del estanque, debe reportarse inmediatamente y enviarse una muestra a un laboratorio, para determinar el origen del color, sea éste amarillo, rojo o cualquier otro.

Esta información deben anotarse inmediatamente después de terminada la cosecha, pues es el momento más adecuado para apreciar la coloración de los fondos. Los datos deben anotarse en un plano del estanque tamaño carta, indicando la coloración, localización y extensión de las manchas, así como, su profundidad en el sedimento.

Aroma

El aroma que despiden los fondos de los estanques, puede ser indicativo de la presencia de algunos gases que pueden ser tóxicos, éste debe captarse inmediatamente después del vaciado del estanque, ya que durante esos momentos comienzan a liberarse a la atmósfera los gases atrapados en el fondo. Si no se tomaron los datos en el momento del vaciado, entonces debe removerse con una pala el sedimento, para captar el olor de los gases que son despedidos al roturar el suelo, acercándose a la nariz una muestra del suelo, para captar mejor sus aromas.

Un aroma a huevos podridos será indicativo de la presencia de ácido sulfhídrico.

Un aroma a pantano será indicativo de metano, el olor a pantano es más común en los estanques de baja salinidad, por la presencia de bacterias de agua dulce, pero también se presenta en estanques con agua marina.

Un aroma de amoníaco es similar al que se capta en una sala de compresores de una planta de hielo, las cuales es común que usen este gas para los equipos de refrigeración.

En caso de registrarse los olores señalados u otros, deberán anotarse las zonas de mayor emisión en el mismo plano de coloraciones de los sedimentos.

pH

El pH se define como el potencial de hidrógeno y es indicativo de la acidez de los suelos por la presencia de iones hidrógeno los cuales se expresan con el símbolo H^+ .

La determinación del pH en el campo se puede realizar de acuerdo al **método directo** con cualquier pHmetro portátil y/o con un equipo especializado en la medición del pH de los suelos, como el pHmetro de trompō.

También se puede hacer una determinación rápida de la acidez, cuando se sospecha la presencia de compuestos ácidos de azufre, por el **método del peróxido de hidrógeno**, mediante el cual se oxigena una muestra de sedimento en el campo antes de medir el pH. Este método consiste en mezclar en un vaso o matraz una cantidad equivalente de agua oxigenada o peróxido de hidrógeno al 30%, con una cantidad similar de muestra húmeda de sedimento, se deja reaccionar hasta que no haya burbujeo y se mide el pH, con un potenciómetro de campo, si éste es inferior a 3, se puede sospechar que el suelo está acidificado por la presencia de compuestos de azufre reducidos. Si así fuere, deberán enviarse muestras al laboratorio para certificar la sospecha.

Adicionalmente a las determinaciones en campo, se deberán tomar muestras del suelo en diferentes puntos del estanque, para ser llevados al laboratorio. Si se dispone de un aparato que determine los requerimientos de carbonato de calcio en campo, no será necesario tomar muestras para la determinación de pH en el laboratorio. Las mediciones de pH en campo y/o la toma de muestras para mediciones en el laboratorio, deberán obedecer a una red de puntos de muestreo equidistantes, es decir a la misma distancia unos de otros. Esta red de muestreo, deberá estar anotada en el mismo plano del estanque, donde se anotaron las coloraciones y los aromas, para verificar con mediciones de pH la acidez del suelo en los lugares señalados. El propósito de la red de estaciones, es determinar las manchas o contornos de pH para aplicar los tratamientos de acuerdo a la distribución de valores de pH, en otras palabras, se busca determinar cuales zonas están más ácidas que otras. Cuando son muchas las muestras es conveniente que la granja desarrolle la capacidad, para realizar los análisis básicos del suelo, pues son muy importantes para tomar decisiones.

El método más práctico para determinar los sitios de medición del pH, consiste en:

1. Cuadricular el estanque en un plano tamaño carta, formando una retícula o red.
2. Dibujar sobre la retícula los contornos de los charcos, zonas de depositación de materia orgánica, zonas de diferente color, zonas de desprendimiento de aromas, drenes y charcas que se encuentren bajo el nivel del resto del estanque. En aquellos estanques donde los vientos sean cruzados deben identificarse las zonas de depositación permanente de sedimentos y anotarlas también en la retícula.
3. Realizar observaciones sobre el color y aroma de los fondos al mismo tiempo en que se realiza la medición de pH *in situ* o la toma de muestras, anotando las observaciones en la carta.
4. El número de muestras debe determinarse, de acuerdo a las zonas que muestre la retícula. Por lo general se deberá tomar un mayor número de mediciones en las zonas más afectadas o bien en aquellas donde las mediciones de pH sean muy diferentes entre una estación y otra.

Una vez anotados todos los datos de pH, se deberán trazar líneas, dibujando contornos alrededor de las zonas con valores de pH muy similares, observado las congruencias con los contornos dibujados por observación del color, aromas, charcas, drenes y zonas de depositación de sedimentos.

En el caso de que el pH se vaya a determinar en el laboratorio, las muestras se colectan y se trasladan en bolsas de plástico etiquetadas para su preparación, por el **método de deshidratación**. En este caso el pH puede medirse en el laboratorio por el **método general**, o bien por el **método Alabama**, mismos que se describirán posteriormente.

Otros compuestos

Se pueden determinar la presencia de compuestos ácidos de azufre por el método del peróxido de hidrógeno, el cual es similar al descrito anteriormente, con la diferencia de que en el laboratorio, el análisis químico permitirá conocer con certeza la cantidad de compuestos ácidos de azufre.

Otros parámetros del suelo que pueden analizarse son los siguientes: materia orgánica total, nitrógeno total, fósforo total, azufre y elementos como el calcio, magnesio, fierro y cobre. Para realizar estos estudios se recomienda que las muestras sean colectadas de acuerdo a la retícula descrita anteriormente, asimismo sean empacadas y etiquetadas en bolsas de plástico, para ser enviadas a un laboratorio químico. En este caso los números de las etiquetas de las muestras deben coincidir con los números anotados en el plano de muestreo.

En el laboratorio, la materia orgánica se puede estimar a partir del carbón orgánico, por el método de oxidación con ácido sulfúrico-dicromato de potasio, mientras que el nitrógeno puede ser estimado por el método de Kjeldahl.

En ambos casos, también las muestras deben ser representativas del estanque, empacadas y etiquetadas para su identificación en el laboratorio. A donde debe solicitarse la determinación de carbón orgánico total, nitrógeno total, azufre, fósforo o cualquier metal cuya concentración en el suelo se desea medir.

El análisis de minerales es muy importante, ya que en la evolución de los suelos de los estanques, hay tendencias a la disminución de unos minerales y al incremento de otros.

Por lo general se presenta un enriquecimiento de carbón, nitrógeno, fósforo, azufre, calcio y magnesio y una reducción en otros elementos como el fierro y el cobre.

Es conveniente que la granja tenga un análisis de los suelos en los que fue construida, si este análisis no existe, se pueden tomar muestras de suelo virgen, el cual puede encontrarse en los bordos o sitios adyacentes a los estanques, y enviarlas al laboratorio para realizar una caracterización de los suelos en estado virgen.

El objetivo de los análisis de suelos consiste en determinar la acidez del fondo, la presencia de compuestos ácidos, la evolución de los niveles de materia orgánica, nutrientes y minerales de los suelos de los estanques, así como detectar a tiempo aquellos componentes que se estén acumulando o se estén consumiendo, para determinar el tratamiento que los suelos requieren. En suelos de estanques camaroneros altamente productivos Franco (1996) reporta niveles de ion sulfato (por 100 gramos de suelo) entre 4 y 8 meq, mientras que para el ion fierro reporta valores de 21 a 40 meq. Otros parámetros que reporta el mismo autor son los siguientes: materia orgánica (4-8%), fósforo (60-130 ppm), fosfatos (200-400 ppm), amonía total (60-120 ppm) y nitrógeno total (45-90 ppm)

Tratamiento de los fondos

Drenado

Consiste en reducir el espejo de agua lo máximo posible, eliminar las charcas y reducir el nivel freático en el estanque, para facilitar la deshidratación del suelo y su contacto con los gases a través de la superficie y la porosidad.

Para el drenado correcto se siguen los siguientes pasos:

Dejar escurrir el estanque para eliminar la mayor cantidad de agua por gravedad. Para facilitar este escurrimiento, se deberán hacer trabajos complementarios de canalización en el fondo de los estanques con objeto de conectar las charcas a los drenajes del estanque, desasolvando los mismos. Cuando estos están bien contruidos por lo general tienen canales perimetrales que funcionan para drenar el centro de los estanques, los cuales resultan del préstamo del suelo que es utilizado para la construcción de los bordos.

Una vez alcanzado el nivel mínimo de agua con el sistema de drenado por gravedad, se deberán sellar las compuertas de entrada, para evitar que penetre agua del reservorio, en este caso los tableros se sellan con una mezcla de manteca y ceniza en proporción de 1:10. En la compuerta de entrada, el tablero se eleva para impedir que entre agua del canal reservorio durante las operaciones de bombeo. En el caso del sistema de tubos estos deben taponarse amarrando bolsas de plástico en las puntas de entrada, o bien elevarse para que no entre agua del reservorio, cuando ello se pueda hacer.

Esta operación impedirá que el agua penetre a los estanques durante las operaciones de bombeo en el reservorio. La misma operación de sellado de compuertas se realiza en la compuerta de salida o cosecha, para evitar que el agua de los canales colectores penetre a estanque durante las mareas altas.

Una vez controlados los accesos del agua, podrán instalarse sistemas de bombeo portátiles dentro de los estanques, para vaciar el agua residual y disminuir el nivel freático. Estas bombas pueden ser motobombas o bombas charqueras según la cantidad de agua que se requiera mover.

Aquellas charcas que no puedan vaciarse pueden ser tratadas de una manera especial con compuestos como el óxido de calcio, conocido como cal viva (CaO) o hidróxido de calcio conocido como cal hidratada (CaOH), con objeto de oxidar los fondos, neutralizar el pH, eliminar organismos no deseables y mejorar la descomposición y oxidación de la materia orgánica. Las cantidades que se deben aplicar, se determinan de acuerdo al pH de los fondos mediante métodos que se describen posteriormente.

Deshidratado

Consiste en mantener el nivel freático lo más bajo posible, lo cual puede requerir el bombeo del agua de las partes más profundas o charcas del estanque, para garantizar que el suelo se deshidrate por evaporación, proceso en el que intervienen los vientos y la luz solar. En los estanques con drenajes perimetrales, como lo son la mayor parte de los estanques en Sinaloa, la deshidratación ocurre más rápido en la parte central de los estanques, debido a que estos drenajes facilitan que se mantenga lo más bajo posible el nivel freático del agua.

Si bien la deshidratación es un proceso necesario para permitir que la porosidad facilite el contacto de los sedimentos con los gases atmosféricos, el exceso de deshidratación puede tener efectos contraproducentes.

Algunas de las contraindicaciones de deshidratación son las siguientes;

En suelos ácidos sulfatados el secado total puede aumentar la acidez de éstos cuando se rehidratan de nuevo. Por tal razón cuando existe este problema se recomienda una deshidratación parcial.

En suelos con niveles de pH inferiores a 6 la deshidratación total puede reducir la flora microbiana y afectar la descomposición de la materia orgánica, por lo cual se recomienda mantener el suelo con un nivel de humedad que permita la actividad biológica.

Agrietado natural y roturado

Consiste en permitir que de manera natural los suelos se agrieten por deshidratación y en facilitar la fragmentación de los suelos por acción mecánica, utilizando un tractor equipado para remover el suelo. Esta acción se conoce en algunas granjas como rastreo, pues puede emplearse una rastra de uso agrícola jalada por un tractor.

La acción mecánica es necesaria cuando los suelos se agrietan en grandes bloques y el centro de los mismos no se oxida. Ello puede verificarse fragmentando los terrones del suelo y observando la coloración del núcleo, si persiste el color negro en centro del terrón, ello quiere decir que la porosidad no permite la oxidación completa del suelo, y que el suelo requiere mayor fragmentación para facilitar la oxidación.

También cuando el agrietado natural es muy superficial, el roturado mecánico facilita la acción del aire a una mayor profundidad.

Asoleamiento, aireación y oxidación

En esta parte del proceso los suelos entran en contacto con los gases atmosféricos facilitando la transferencia de gases en ambas direcciones, por un lado el oxígeno puede reaccionar con los compuestos reducidos del suelo y enriquecer el sedimento con compuestos oxidados y por otra parte los gases tóxicos pueden ser liberados por evaporación.

El contacto del suelo del estanque con el aire y el sol tiene las siguientes ventajas;

1. Mejora la textura del suelo
2. Aumenta la disponibilidad de los nutrientes
3. Facilita el contacto de los sedimentos con los gases atmosféricos por porosidad
4. Facilita la oxidación de la materia orgánica, su rompimiento y descomposición
5. Reduce la demanda de oxígeno en el sedimento
6. Facilita la colonización bentónica en la posterior fase subacuática
7. Oxida y elimina metabolitos indeseables
8. Elimina organismos indeseables, tales como depredadores, competidores, parásitos y otros
9. Facilita la eliminación de depósitos de lodos

10. La oxidación en la fase seca permite que los sedimentos actúen como acumulador de oxígeno, el cual será utilizado gradualmente en la fase húmeda en el proceso de oxidación de la materia orgánica que queda sedimentada en el fondo del estanque.

Remoción y remineralización

Mediante esta acción lo que se busca es agregar al sedimento compuestos muy oxidados, ricos en oxígeno que ayuden a satisfacer la demanda química de los fondos durante la fase húmeda, así como minerales que mejoren la descomposición de la materia orgánica. La remineralización tiene por objeto incorporar de manera selectiva ciertos minerales como el carbonato de calcio, la cal viva, la cal hidratada y nitratos entre otros. La remoción o rastreo tiene por objeto mezclar los compuestos que fueron agregados con el sedimento del estanque de tal manera que se incorporen a él, con objeto de favorecer la neutralización del pH hasta un valor cercano a 7.

El encalado

Esta técnica permite incorporar al sedimento compuestos de calcio, ricos en oxígeno, cuya descomposición no deja residuos tóxicos. Las sales de calcio más comúnmente empleadas son;

El **carbonato de calcio**, conocido como cal agrícola, la cual es una sal cuya fórmula es CaCO_3 .

El **hidróxido de calcio**, conocido como cal apagada o cal hidratada es un compuesto básico o alcalino cuya fórmula es Ca(OH)_2 .

El **óxido de calcio**, conocido como cal viva o cal cáustica, es un compuesto cuya fórmula es CaO .

La fuente principal de cal se conoce como piedra caliza, ésta contiene carbonatos de calcio y magnesio. Esta piedra caliza cuando se somete a calor mediante un horno de calcinación, desprende bióxido de carbono y produce la cal viva, la cual es un óxido de calcio. La cal viva en contacto con el agua reacciona formando hidróxido de calcio conocido como cal hidratada. La clasificación de las diferentes presentaciones de la cal puede verse en la Figura 23.

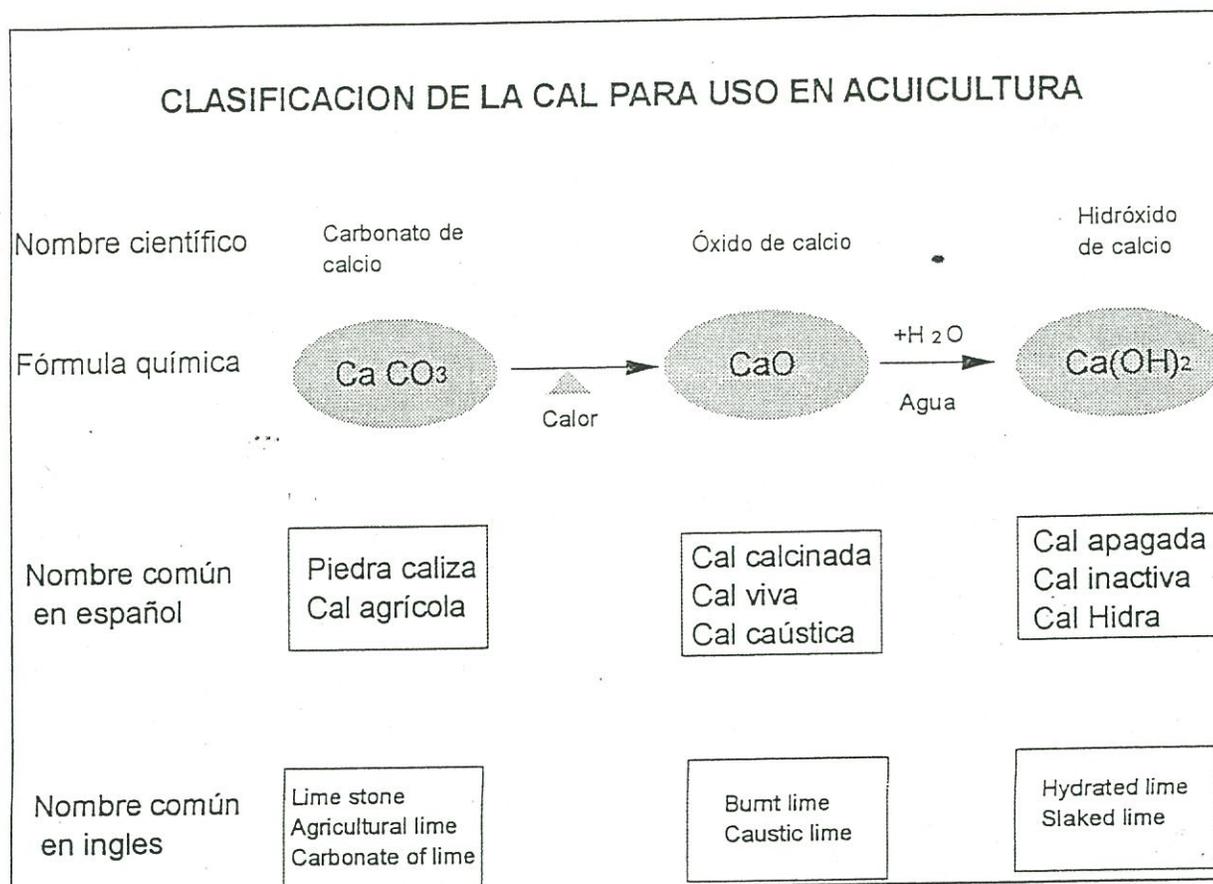


Figura 23. Clasificación de la cal de acuerdo a sus nombres comunes y su nomenclatura química.

En general, el óxido de calcio o cal viva es la más reactiva, seguida por el hidróxido de calcio o cal apagada, mientras que el carbonato de calcio, o cal agrícola es menos reactiva, por ello la capacidad de neutralización del pH y de desinfección es mayor para los primeros dos productos. Sin embargo, desde el punto de vista de aportación de oxígeno, el carbonato de calcio es el mejor producto.

- ✓ El encalado tiene cuatro aplicaciones principales;
- ✓ 1. Estabilizar el pH cuando se encuentra en niveles inferiores a 7
- ✓ 2. Favorecer la descomposición de la materia orgánica en ambiente húmedo por la acción de la flora microbiana del suelo del estanque
- ✓ 3. Oxidar los sedimentos cuando no es posible secar los fondos
- ✓ 4. Contrarrestar los efectos de los suelos ácidos sulfatados

Para estabilizar el pH del fondo se pueden seguir cuatro procedimientos para el cálculo del requerimiento de carbonato de calcio, los cuales dependen del método de medición del pH, siendo estos los siguientes; el método de campo basado en el pHmetro de trompo, el método

de campo basado en el potenciómetro portátil, el método general de laboratorio y el método Alabama de laboratorio.

Método del pHmetro de trompo

Este es el método más fácil, rápido y más completo, ya que el pHmetro de trompo además de proporcionar la medición de pH trae una tabla de recomendación para la aplicación de cal para las tres formas oxidadas del calcio. Una descripción detallada del método se presenta en la Figura 24. Puede observarse que la tabla de pH y cantidad recomendada de cal según el tipo de cal se basa en la propuesta por Clifford(1985), la cual se presenta en la Tabla 3.

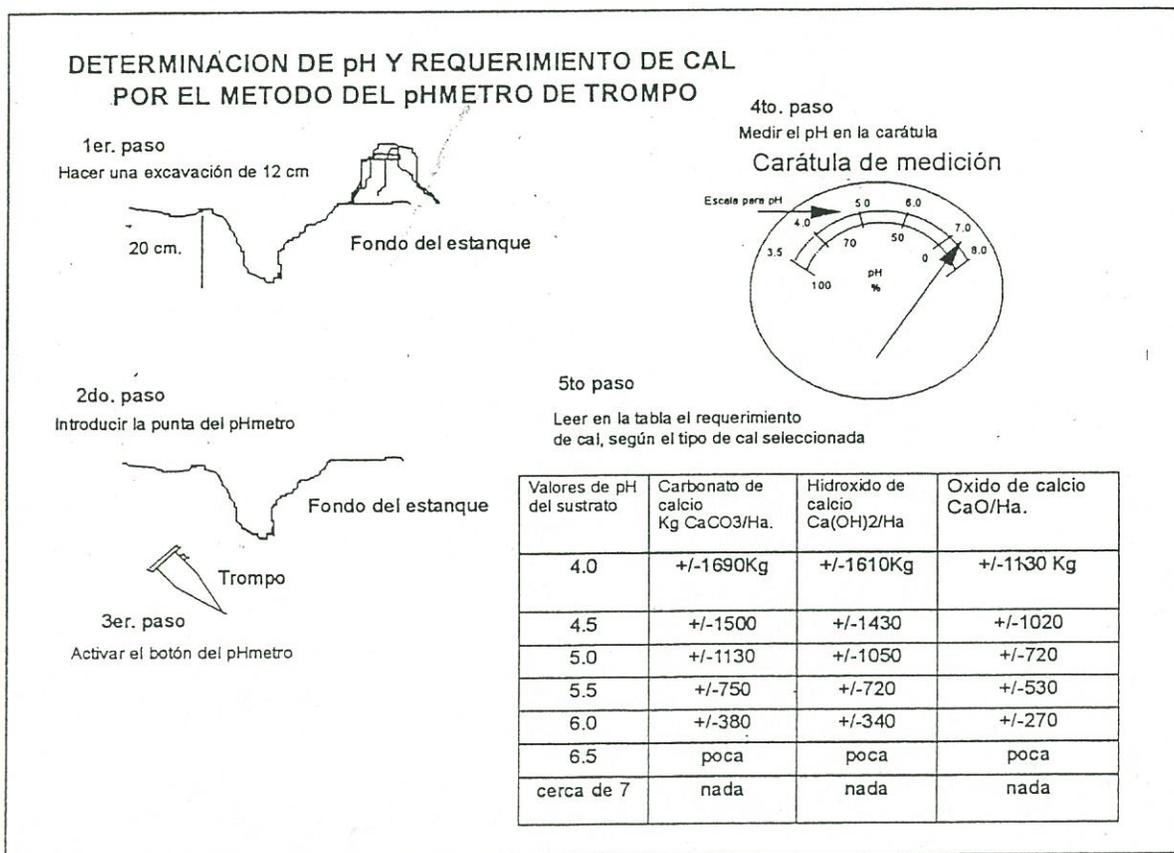


Figura 24. Método del pHmetro de trompo para medir el pH del suelo y determinar los requerimientos de cal.

Puede observarse que las cantidades de cal por hectárea difieren significativamente según la cal que se aplique. En general el óxido de calcio se aplica en menores cantidades que el hidróxido de calcio, y este a su vez en menores cantidades que el carbonato de calcio.

Tabla 3. Requerimientos de cal de acuerdo al pH del sedimento y el tipo de cal.

pH del suelo	Carbonato de calcio Kg/Ha	Hidróxido Ca (OH) ₂ Kg/Ha	Óxido CaO Kg/Ha
4	1666	1587	1113
4.5	1479	1409	1006
5	1113	1035	710
5.5	739	710	522
6	374	335	268
6.5	0	0	0

Fuente Clifford (1985)

Una recomendación que se puede hacer, es la de preferir el uso de cal de carbonato de calcio, y utilizar la cal hidratada y la cal viva sólo en circunstancias extremas en que se requiera: combatir los suelos ácidos sulfatados, tratar charcas, zonas de sedimentación, áreas de coloración, aplicar un plan sanitario, desinfectar los pisos del estanque después de un grave problema bacteriano, eliminar depredadores y/o competidores. El uso de estos últimos dos productos no es recomendable en circunstancias normales pues produce un cambio muy drástico en el pH el cual puede afectar a la comunidad microbiana, afectando la descomposición normal de la materia orgánica. Por otra parte son productos que enriquecen los suelos de calcio sin el aporte de oxígeno que se puede obtener al utilizar el carbonato de calcio.

Método del potenciómetro para la determinación del pH en campo

Cuando se carece de pHmetro de trompo y se cuenta con un potenciómetro con electrodo de vidrio, se puede determinar el pH tomando una muestra del suelo con un tubo de plástico de 50 cm de largo con un diámetro de 10 cm. Se toman 10 cm³ de suelo y se depositan en un recipiente al cual se agrega 10 cm³ de agua destilada, obteniendo una relación suelo agua de 1:1, se mezclan ambos y se deja reposar durante una hora. Al término de ésta se agita vigorosamente y se introduce el electrodo de vidrio para leer el pH.

Las cantidades de cal recomendadas para los diferentes niveles de pH medidos por el método del potenciómetro son sugeridas por Franco (1994) y se describen a continuación.

pH del suelo	CaCO ₃ (kgs/hectárea)	Ca(OH) ₂ (kgs/hectárea)
4.0	798	479
4.5	748	449
5.0	699	419
5.5	649	389
6.0	549	329
6.5	399	240
7.0	200	100
7.5	100	50
7.5-8.5	45	23

Cuando los datos de pH se encuentren entre dos valores de la tabla las cantidades correctas de cal se pueden interpolar.

Método general para la determinación de pH en el laboratorio

Este método se fundamenta en la medición del pH por el método general, el cual describe detalladamente en la Figura 25. Una vez obtenido el valor de pH, los requerimientos de carbonato de calcio se evalúan mediante la siguiente ecuación, sugerida por Boyd (1992):

$$\text{Requerimiento de cal (kilogramos de CaCO}_3 \text{ / hectárea)} = (8 - \text{pH}) * 5,600$$

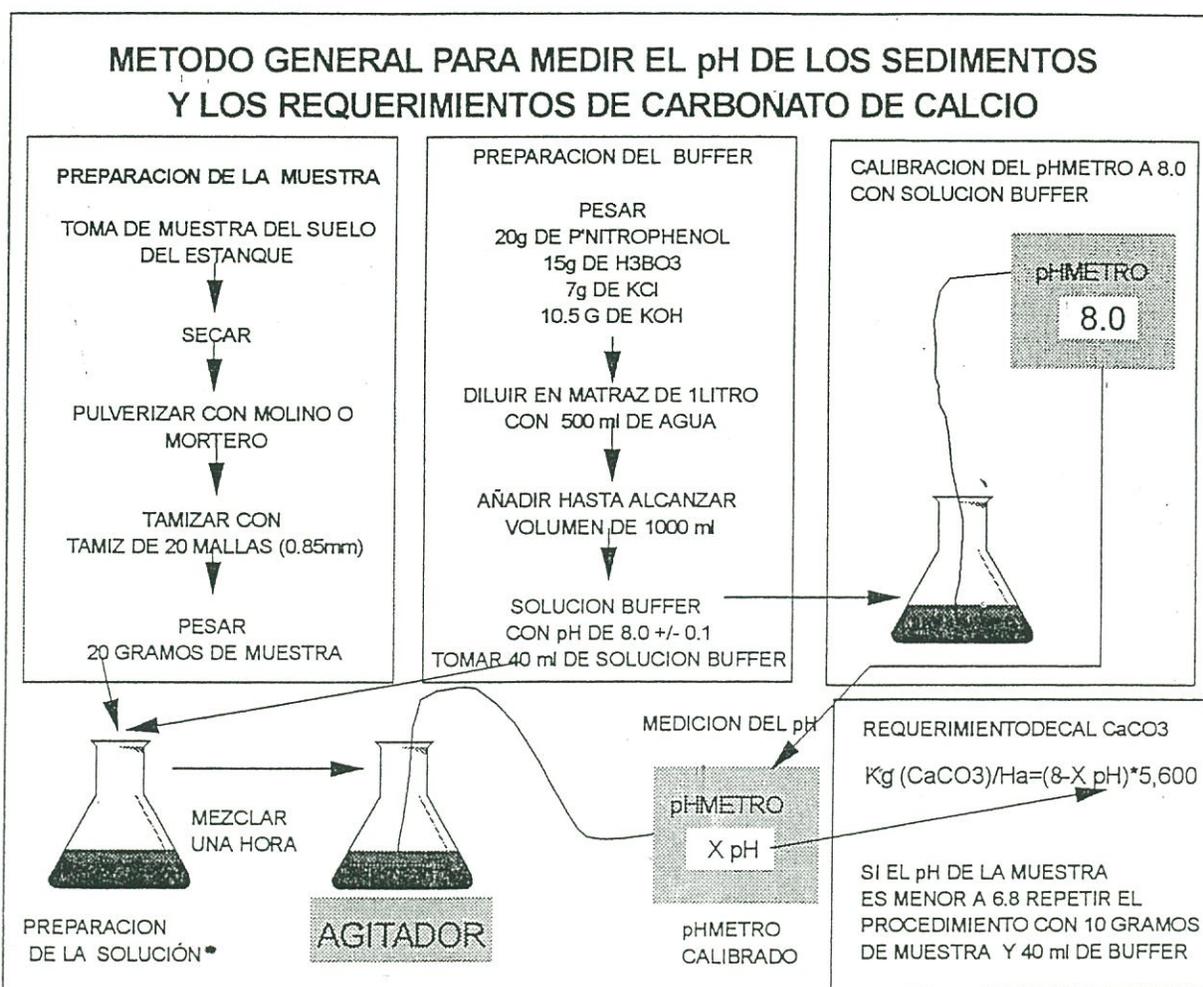


Figura 25. Método para determinar los requerimientos de cal por medio de la medición del pH en muestras de suelo llevadas al laboratorio.

Método Alabama

El método se basa en la medición del pH de los sedimentos en dos condiciones diferentes, una condición de mezcla con agua destilada, y otra en condición de mezcla de la muestra con una solución buffer. De esta manera se miden dos valores de pH diferentes, uno denominado el pH de la muestra en agua y otro denominado pH de la muestra en solución buffer. La preparación de las muestras, las soluciones y el método de medición se pueden ver en la Figura 26. Con estos valores se consulta la tabla de requerimientos de carbonato de calcio seleccionando en los renglones el pH de la muestra en agua y en las columnas el pH de la muestra en solución buffer. El número que se encuentra en la intersección ese será el requerimiento de carbonato de calcio en kilogramos por hectárea, el método es sugerido por Boyd (1992) (ver tabla 4).

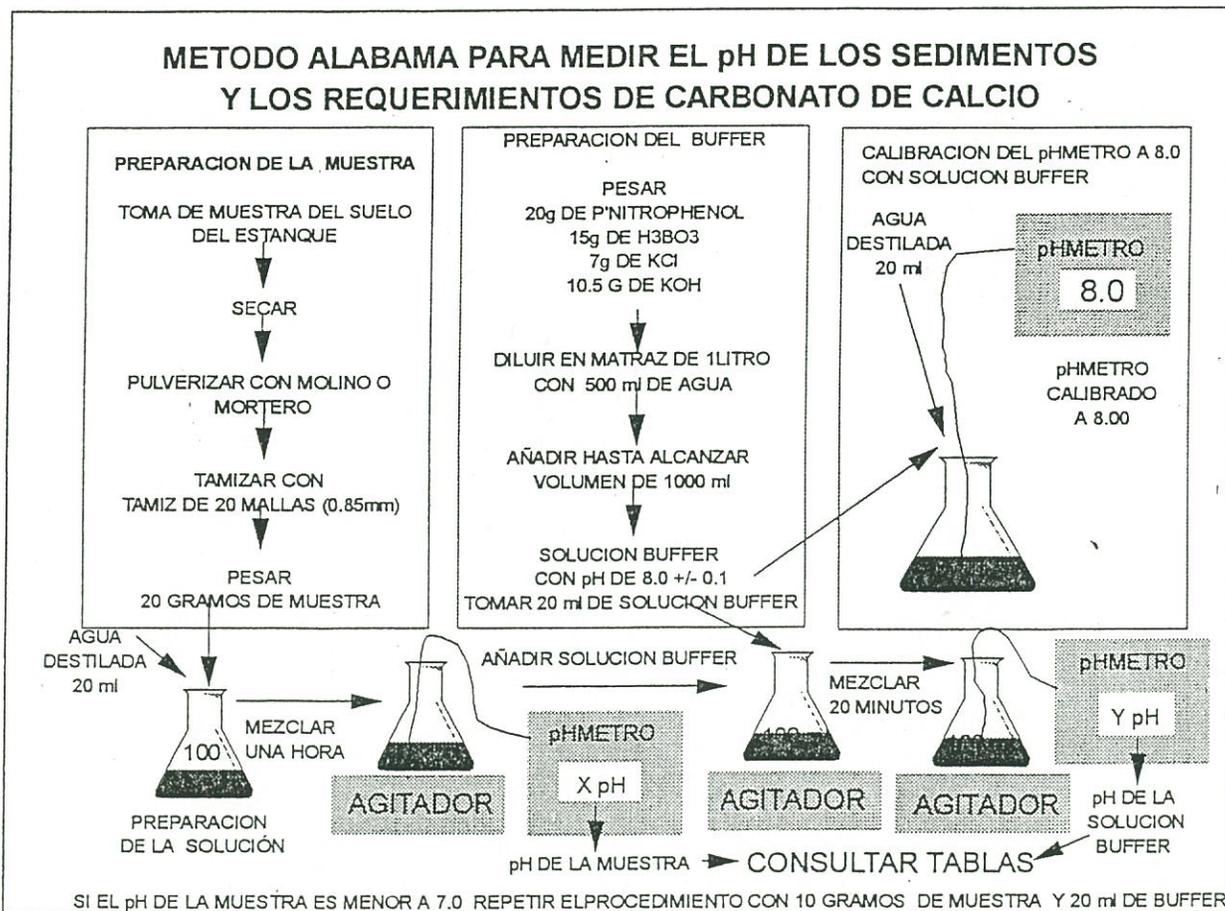


Figura 26. Método Alabama para determinar los requerimientos de cal por medio de la medición del pH en muestras de suelo llevadas a laboratorio.

Método para determinar requerimientos de cal en suelos ácidos

Para contrarrestar los efectos de los suelos ácidos sulfatados los requerimientos de carbonato de calcio para esta condición se estiman mediante la ecuación del método ácido-sulfato propuesto por Boyd, 1992, la cual se describe detalladamente en la Figura 27.

Para oxidar los sedimentos se utiliza el óxido de calcio o el hidróxido de calcio, los requerimientos de estas sustancias se evalúan también por medio de la estimación de pH en tablas de requerimientos propuestas por Clifford (1985), así como mediante el pHmetro de trompo.

Tabla 4. Requerimientos de carbonato de calcio de acuerdo al pH medido por el método Alabama en kilogramos por hectárea.

pH de la muestra	pH de la muestra en solución buffer								
	7.9	7.8	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	7.0
5.7	91	182	363	454	544	735	726	817	908
5.6	126	252	504	630	756	882	1008	1134	1260
5.5	202	404	806	1008	1210	1411	1612	1814	2016
5.4	290	869	1160	1449	1738	2029	2318	2608	2898
5.3	340	1021	1360	1701	2041	2381	2722	3062	3402
5.2	391	1172	1562	1548	2344	2734	3124	3515	3906
5.1	441	1323	1765	2205	2646	3087	3528	3969	4410
5.0	504	1512	2016	2520	3024	3528	4032	4536	5040
4.9	656	1966	2620	3276	3932	4586	5242	5980	6552
4.8	672	2016	2688	3360	4032	4704	5390	6048	6720
4.7	706	2116	2822	3528	4234	4940	5644	6350	7056

Fuente Boyd (1982)

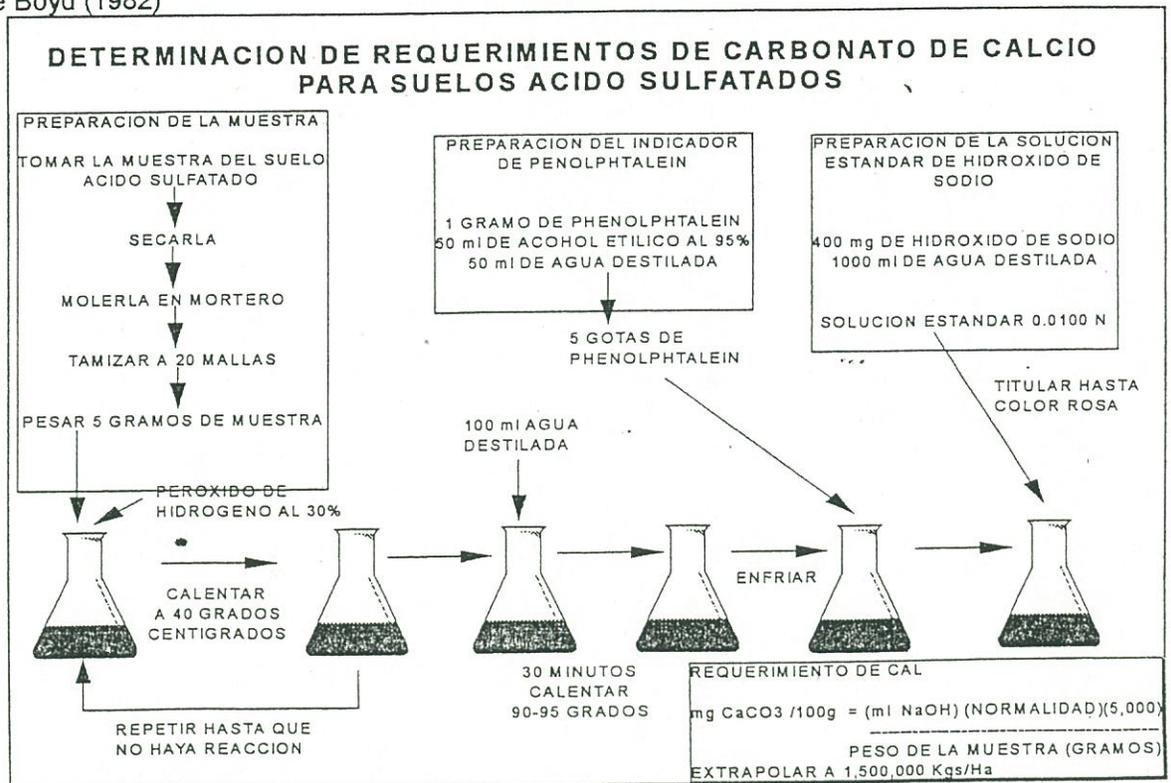


Figura 27. Método para la determinación de requerimientos de cal en suelos ácido-sulfatados.

Aplicación de la cal

Una vez establecido el método de medición del pH y el de evaluación de los requerimientos de cal, deberá anotarse en el plano de muestreo del estanque los valores de pH, así como los requerimientos de cal para cada una de los tipos de cal que se vaya a utilizar. Con los datos en el plano deberá establecerse contornos de aplicación de cal, señalando las zonas donde se aplicará una cantidad mayor y donde se aplicará una cantidad menor. Ese mismo plano será el que utilicen los responsables del encalado para aplicar el producto.

En la selección del tipo de cal que se debe aplicar al piso del estanque se debe dar preferencia a la cal que contenga carbonato de calcio para las zonas menos afectadas, una combinación de carbonato de calcio y cal hidratada o viva en las zonas más afectadas, la aplicación de la cal en húmedo beneficiará la descomposición de la materia orgánica. El hidróxido de calcio u óxido de calcio sólo se debe aplicar en lugares con un pH muy bajo, charcas, zonas inundadas, sitios con acumulación de sedimentos, con manchas de color y áreas que se vayan a desinfectar. La forma de aplicación que garantiza una mejor distribución consiste en el rociado en el momento en que todavía se pueden apreciar los colores de los sedimentos, con objeto de que las zonas más afectadas reciban una cantidad mayor que las primeras. En el caso de utilizar los productos señalados deberán utilizarse máscaras que protejan los ojos y la respiración, así como ropa adecuada que proteja la piel. Se deberán tomar precauciones de que la piel no entre en contacto con la cal y deberá evitarse trabajar los productos en polvo cuando haya mucho viento.

Métodos para favorecer la descomposición de la materia orgánica

Para favorecer la descomposición de materia orgánica no hay un método cuantitativo exacto, sin embargo, algunas recomendaciones sugieren la utilización de carbonato de calcio combinada con nitrato de sodio. En general se reconoce que la descomposición de la materia orgánica por bacterias es acelerada si hay una buena combinación de carbonatos, nitratos y materia orgánica. Por esta razón en algunas granjas muy pobres en materia orgánica, utilizan gallinaza en los suelos de los estanques. El pH ideal para la descomposición aeróbica de la materia orgánica se sitúa entre 7.5 y 8.5, pero debe considerarse que el cambio brusco de pH que se logra con cal viva o hidratada puede afectar a la comunidad microbiana y aunque se alcancen los niveles de pH referidos, si la comunidad microbiana se encuentra inactiva entonces la descomposición de la materia orgánica será ineficiente. Por ello se recomienda preferentemente el uso de cal basada en el carbonato de calcio, también denominada cal agrícola.

Efectos benéficos del encalado con respecto al medio ambiente

1. Incremento del pH y la alcalinidad de las aguas ácidas
2. Incremento de la disponibilidad del carbón para la fotosíntesis

3. Incrementa el pH del fondo y lo estabiliza a lo largo del ciclo de cultivo
4. Reduce la adsorción de nutrientes por los sedimentos
5. Incrementa la disponibilidad de nutrientes
6. Crea un ambiente favorable para la comunidad biológica
7. Favorece la descomposición microbiana y mineralización de la materia orgánica
8. Incrementa el calcio soluble
9. Funciona como desinfectante

Efectos benéficos del encalado en el desarrollo del camarón

Los camarones tienen una alta relación con el sedimento, misma que es más o menos intensa según la especie. El camarón café tiende a enterrarse en el sedimento durante el día, particularmente cuando alcanza tallas superiores a los 5 gramos, los estanques son someros, de baja turbidez y los días son soleados. Durante la noche escarba los sedimentos en busca de alimento y levanta una gran cantidad de sedimentos a la columna de agua. El camarón azul tiende a remover los fondos durante el día, produciendo nubes de sedimentos o manchas de turbidez por donde va pasando. Con el camarón blanco la relación es menos aparente, sin embargo, en estanques someros, de baja turbidez, días soleados y en tallas mayores de 8 gramos, tiende a enterrarse, sobre todo cuando hay viento.

Independientemente de sus hábitos, las tres especies consumen su alimento en el fondo de los estanques y es muy común encontrar partículas minerales del sedimento en el tracto digestivo de los animales. En el cual la digestión se realiza por enzimas cuyo óptimo punto de actividad es un pH superior a 7. Al parecer en estas especies la digestión es más alcalina que ácida. También es reconocido que los rendimientos en los estanques se pueden alterar por cambios en la composición de minerales en los fondos de los estanques.

Por esta relación tan estrecha entre las especies de camarón y el sedimento, es que debe cuidarse muy atentamente la calidad de los suelos en las granjas. La acidez, los compuestos tóxicos que ella genera y la falta de minerales son algunos de los factores que afectan el desarrollo normal de los camarones, pues se alimentan de los fondos y se entierran en ellos. Si los suelos son ácidos el camarón será afectado al enterrarse, al consumir el alimento del fondo del estanque y al digerir el alimento. Por otra parte al remover el camarón los sedimentos afectará a la columna de agua.

Otros efectos indirectos son los siguientes;

Los lodos ácidos adsorben nutrientes facilitando el entrapamiento de los mismos, interfieren en el crecimiento del fitoplancton y del zooplancton. Impiden la colonización del sedimento por otras especies que constituyen el alimento vivo del camarón. Interfieren en la descomposición de la materia orgánica. Hacen inhabitable el fondo del estanque.

Contraindicaciones del encalado

Debe de considerarse que la aplicación de cal puede verse influida por el tipo de sedimentos, ya que existen también suelos ricos en calcio, en los cuales el exceso de calcio se puede convertir en un problema.

Los excesos de calcio en los fondos pueden afectar los rendimientos, por ello es muy importante llevar a cabo un seguimiento del calcio, para verificar que no se este acumulando de manera excesiva en los estanques. Para ello se pueden enviar muestras a laboratorios de espectrofotometría de absorción atómica, con objeto de comparar la cantidad de calcio entre el sedimento original y el que actualmente prevalece en los estanques. Se ha reconocido que en sedimentos con exceso de calcio como los suelos calcáreos son limitantes para la distribución de algunas especies de camarones. En estanques de cultivo de camarón se han sugerido que el crecimiento y los rendimientos se reducen sensiblemente si el calcio se encuentra en exceso. Por tal razón la aplicación de la cal no puede ser indiscriminada, ni basada en cantidades fijas, ni aplicarse de manera igual, ni en cualquier presentación. Quienes aplican cal hidratada en lugar de carbonato de calcio deben de considerar que la cal hidratada carece de carbón y sólo agrega calcio al a los suelos. En estanques altamente productivos Franco (1996) reporta valores de $\text{Ca}^{++}/100$ gramos de suelo entre 7 a 13 meq, mientras que para el magnesio reporta valores de $\text{Mg}^{++}/100$ gramos de suelo entre 12 y 25 meq.

Verificación del pH después del tratamiento de los fondos

Es importante realizar mediciones del pH de los sedimentos después del encalado para comparar los datos con las mediciones de pH antes de la última cosecha, con objeto de corroborar que el encalado cumplió su objetivo y que la neutralización de la acidez se logró. Los puntos de verificación deben corresponder a las zonas establecidas en los contornos de coloración, pH y aplicaciones de cal. En estanques muy productivos se han reportado valores de pH para los suelos de 7.5 a 8.5 (Franco, 1996).

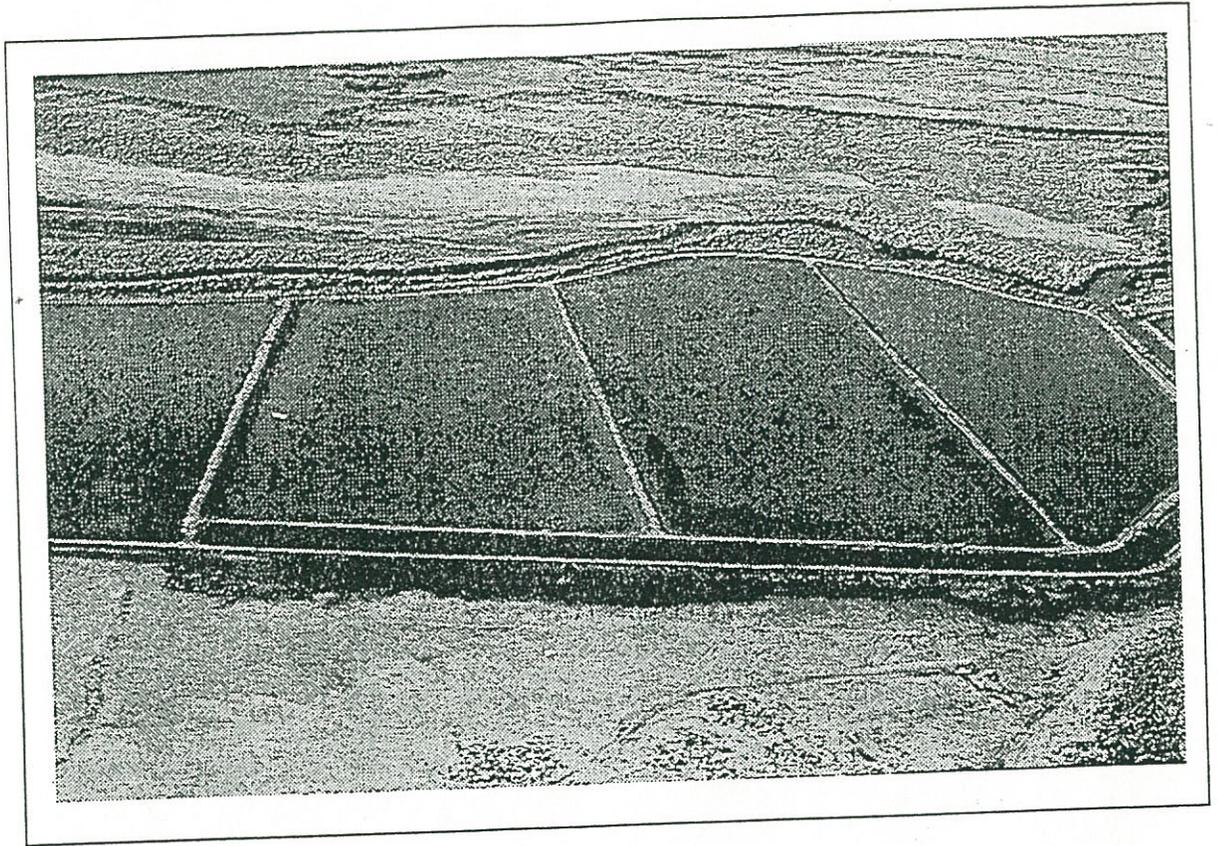


Foto 12. Proceso de vaciado de estanques con drenajes perimetrales.

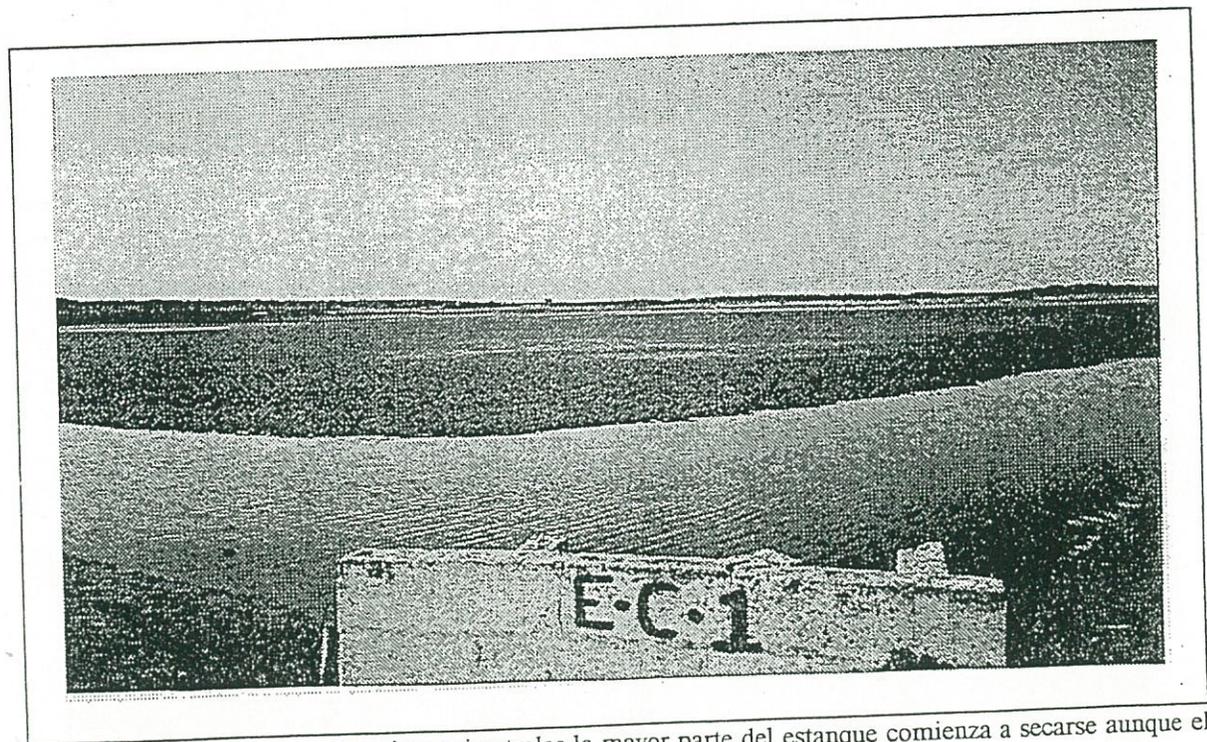


Foto 13. En estanques con drenajes perimetrales la mayor parte del estanque comienza a secarse aunque el estanque todavía contenga agua.

Foto 13. En estanques con drenajes perimetrales la mayor parte del estanque comienza a secarse aunque el estanque todavía contenga agua.

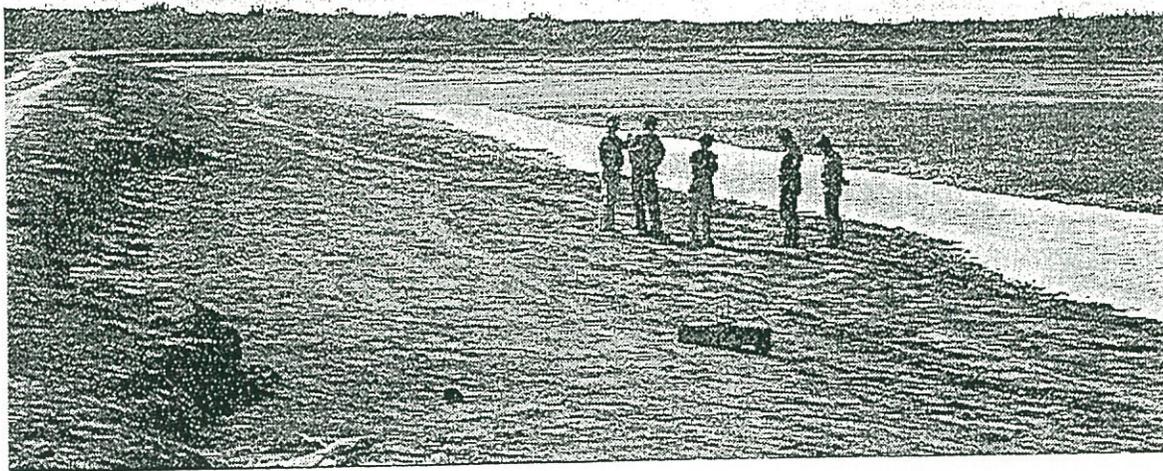


Foto 14. El estanque debe revisarse inmediatamente después de que fue vaciado, aunque los drenajes perimetrales contengan agua.

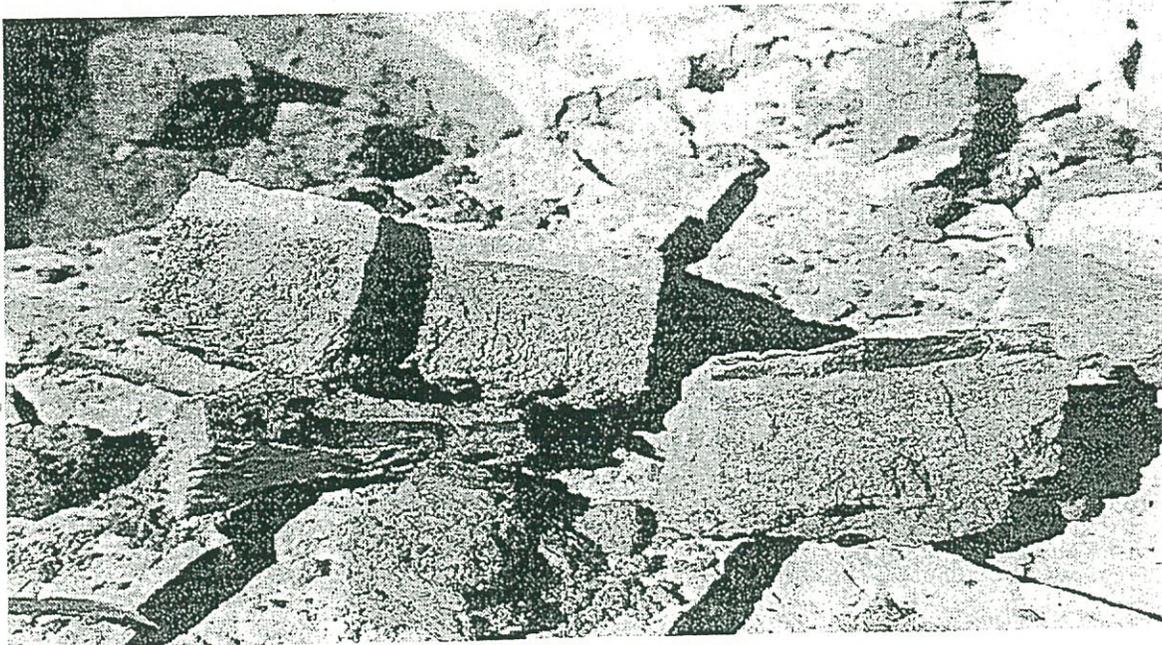


Foto 15. Los terrones que se forman por fracturación del suelo, durante el proceso de deshidratado, deben

Renivelación del estanque

Esta actividad tiene como propósito dar mantenimiento a los fondos de los estanques para que en la próxima cosecha el drenaje sea mejor, lo cual tendrá un impacto económico en los costos de cosecha y en la calidad del producto. La nivelación puede usarse para mejorar las pendientes, eliminar las charcas, dar mantenimiento a los drenes perimetrales internos y corregir las pendientes en los taludes de los bordos.

Preparación de las compuertas

Con esta actividad se busca controlar de una manera adecuada el recambio de agua, el ingreso de organismos no deseables, así como las fugas del camarón.

Las compuertas clásica se integran de tres elementos clave:

1. Un mecanismo para controlar el nivel del estanque el cual determinará la profundidad del estanque y puede ser un tablero de nivel, una posición de las tuberías o una altura determinada en el caso de un vado o compuerta de cresta ancha.
2. Un mecanismo de control de flujo, para seleccionar la capa de agua a la que se le va a dar un flujo preferente ya sea en la entrada o en la salida.
3. Un mecanismo de filtración para impedir el paso al estanque de especies depredadoras o competidoras, así como, para impedir la salida del camarón.

Los tres mecanismos son muy importantes para el éxito de la engorda, el mecanismo de filtración entre más eficiente sea permitirá mejores resultados de sobrevivencia y factor de conversión alimenticia, el de control de flujo permitirá el mantenimiento de las mejores condiciones ambientales dentro del estanque y el mecanismo de control de nivel determinará la profundidad operativa del estanque, así como los niveles de recambio.

Limpieza de compuertas

La actividad comienza con la limpieza de las compuertas, raspando las paredes de la misma para quitar las incrustaciones de almejas, ostiones, balanos, macroalgas y otros. En el caso de tuberías estas se pueden limpiar atravesando una guía con un cepillo circular.

- Se retiran los sedimentos de las compuertas
- Se da mantenimiento a las compuertas y la parte de los bordos alrededor de ellas.
- Se realiza una limpieza total del área de la compuerta.
- Se aplica un tratamiento de desinfección si se observa algún problema.
- Se pintan los señalamientos del nivel máximo de operación, así como el triángulo indicador de la profundidad.

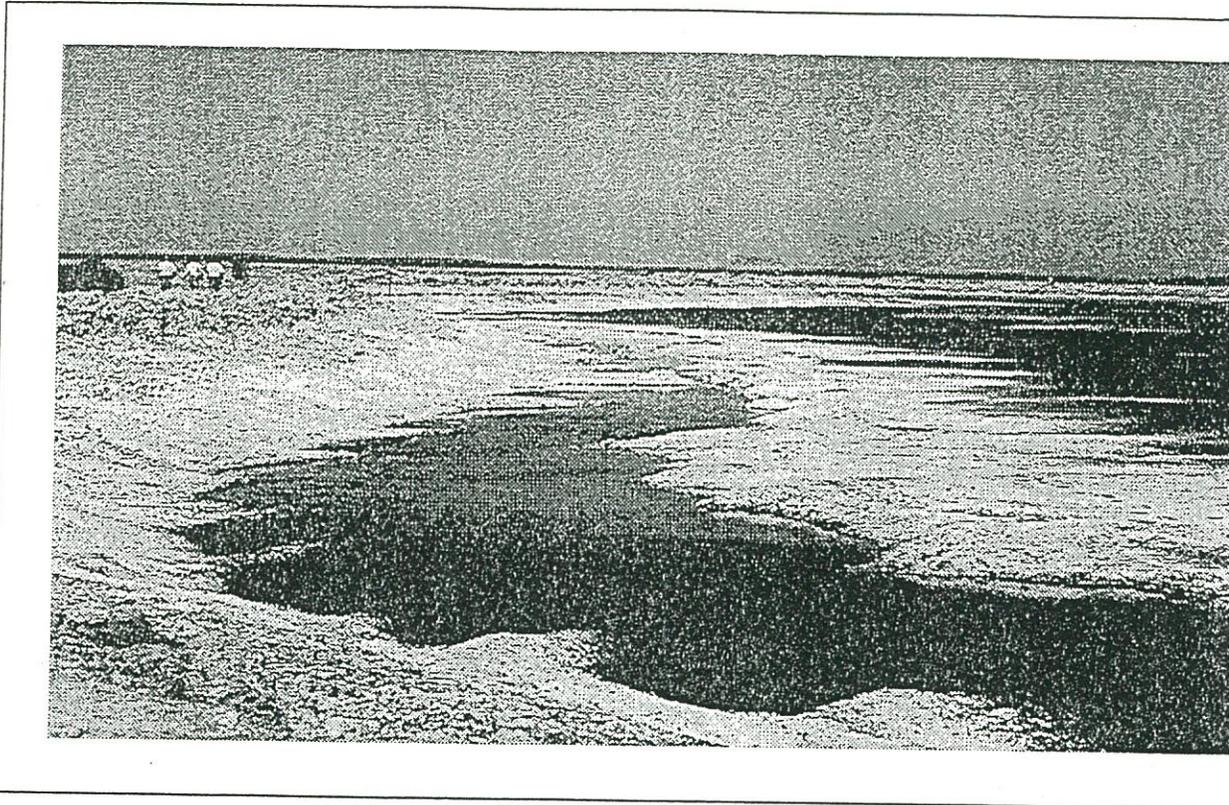


Foto 16. Tratamiento con cal en los drenajes perimetrales cuando no pueden ser secados por completo.



Foto 12. Los drenajes perimetrales contienen el agua que pasa por filtración de los estanques vecinos y permiten el tratamiento de la mayor parte del suelo del estanque.

Instalación del mecanismo de control de nivel

Este mecanismo debe operar en las compuertas de salida, en la compuerta clásica se utiliza un tablero de control de nivel con cresta aguda. Este tablero debe reflejar el nivel de profundidad que se desea mantener en el estanque cuando el reservorio no este drenando al estanque a través de las compuertas de entrada. Las tablas deben ser bien acuñadas y se debe impermeabilizar lo mejor posible con cualquier sistema que sea práctico. En Sinaloa se utiliza comúnmente el cebo con cal en proporción de 10:1, la cual se aplica entre las tablas y entre éstas y la compuerta. Es común que las tablas del tablero de nivel tengan muescas para ensamblar una tabla sobre otra reduciendo la fuerza de las infiltraciones, ello ayuda a que el método de impermeabilización funcione mejor. La forma de operación del tablero de control de nivel se establece en el tema del recambio.

Instalación del mecanismo de control de flujo

En el caso de la compuerta clásica, se usa un tablero conocido como tablero de restricción, tablero de control de flujo o cortina de flujo. Este tablero se utiliza tanto en las compuertas de entrada como en las compuertas de salida y su función consiste en definir la capa de agua que deberá fluir del reservorio al estanque en la compuerta de entrada y del estanque al canal colector o de drenaje en la compuerta de salida.

Las tablas se limpian y se colocan en la secuencia adecuada, cuidando de colocar los tableros de restricción de acuerdo a la zona. Por lo general en aguas estuarinas el agua dulce se desplaza por la superficie, si no se desea esa agua el tablero debe privilegiar el flujo de agua de fondo, si se desea la entrada de esa agua, los tableros deben privilegiar la entrada de agua por la superficie. En aguas antiestuarinas donde el agua más salada se desplaza por el fondo, los tableros deben privilegiar la entrada de agua de la superficie. En las Figuras 27.1 y 27.2 se muestra la forma y orden en que se deben colocar los tableros en la compuerta de entrada y en la de salida, según la capa de agua que se desea recambiar.

Aquí debe de considerarse la importancia que tiene la compuerta de purga del reservorio, cuando el agua del reservorio se estratifica por un exceso de salinidad o por el contrario por una reducción excesiva originada por las lluvias, puede ser necesario diluir el reservorio, antes de pasar esa agua a través de los estanques, y para ello se utiliza la compuerta de purga. Otras aplicaciones son la limpieza del reservorio, el tratamiento y la eliminación de especies depredadoras o competidoras.

En el caso de las compuertas de salida, los tableros también deben reflejar la intención de retirar o retener las aguas según su densidad. En general en estanques con problemas de altas salinidades los tableros de restricción deben impedir la salida del agua de la superficie, privilegiando la salida de las aguas de mayor densidad por el fondo del estanque. Sólo en caso de que el agua dulce sea un problema dentro de los estanques los tableros de restricción podrán ser colocados para evacuar las aguas menos densas por la superficie. Otro caso similar puede ser la eliminación de excesos de microalgas. La forma de operar el tablero de control de flujo se establece en el tema del recambio.

Instalación del mecanismo de filtración

Los filtros de control tienen dos propósitos principales; impedir que los camarones salgan del estanque y reducir el ingreso de organismos no deseables que puedan convertirse en un problema para el cultivo.

Este es uno de los puntos críticos más importantes en la operación del ciclo, pues existen regiones y estaciones del año en las que se incrementa significativamente la abundancia de huevos y larvas de peces y otras especies que pueden penetrar a los estanques dificultando el control de los mismos. En este punto deben de considerarse que hay especies que sobreviven al bombeo, penetran en el reservorio y se acumulan en él, debido a que los filtros de las compuertas de los estanques los retienen. Las poblaciones de peces y otras especies pueden reducirse mediante la compuerta de purga del reservorio, ya que si no se opera periódicamente para liberar los organismos que fueron introducidos por las bombas y quedaron atrapados en el reservorio, por no poder pasar a los estanques, entonces habrá una acumulación paulatina de muchas especies dentro de él. Lo cual puede representar un riesgo permanente de que los depredadores y competidores entren a los estanques en cualquier oportunidad en que se rompa un filtro, éste sea mal colocado o cambiado, sin las precauciones correspondientes.

El efecto de un mal manejo o colocación de los filtros se va a tener cuando se observen bajas sobrevivencias o muy altas tasas de conversión de alimento. Cuando ello ocurre el operario pierde el control del estanque, pues no sabe si el alto consumo del alimento es debido a la alimentación de los camarones o de las otras especies que se encuentran en el estanque. De aquí que los filtros deben instalarse procurando que la mayor parte del agua pase por las mallas reduciendo al máximo posible el paso por un lado del marco de estas, las mallas deben cambiarse cada vez que sea necesario para reducir el riesgo de que se rompan, los cambios de mallas deben realizarse haciendo uso de dos canales de inserción, de preferencia el filtro nuevo debe colocarse antes de quitar el anterior. Se deben instalar dos filtros en cada compuerta sea de entrada o salida como se observa en las Figuras 27.1 y 27.2.

Los filtros de control que se utilizan dependen del sistema de ingreso del agua, así como de la etapa del cultivo. También pueden colocarse filtros adicionales en la entrada del reservorio, para impedir la proliferación futura de peces dentro del mismo. Por lo general se utilizan filtros de diferente luz de malla de acuerdo a la posición y a la etapa del cultivo, como puede verse en la siguiente información modificada a partir de la propuesta por Franco (1996);

Tamaño del camarón	Entrada No. 1 mm	Entrada No. 1 Pulgadas	Entrada No. 2 mm	Entrada No. 2 Pulgadas	Salida No. 1 mm	Salida No. 1 Pulgadas	Salida No. 2 mm	Salida No. 2 Pulgadas
Llenado	0.5	1/32	1-2	1/16	1-2	1/16	1-2	1/16
1 - 3 gr	1-2	1/16	2-3	1/8	1-2	1/16	3	1/8
3 - 6 gr	2-3	1/8	3	1/8	3	1/8	5	1/4
6 - 10 gr	3	1/8	5	1/4	5	1/4	5	1/4
Más de 10 grs	5	1/4	10	1/2	10	1/2	10	1/2

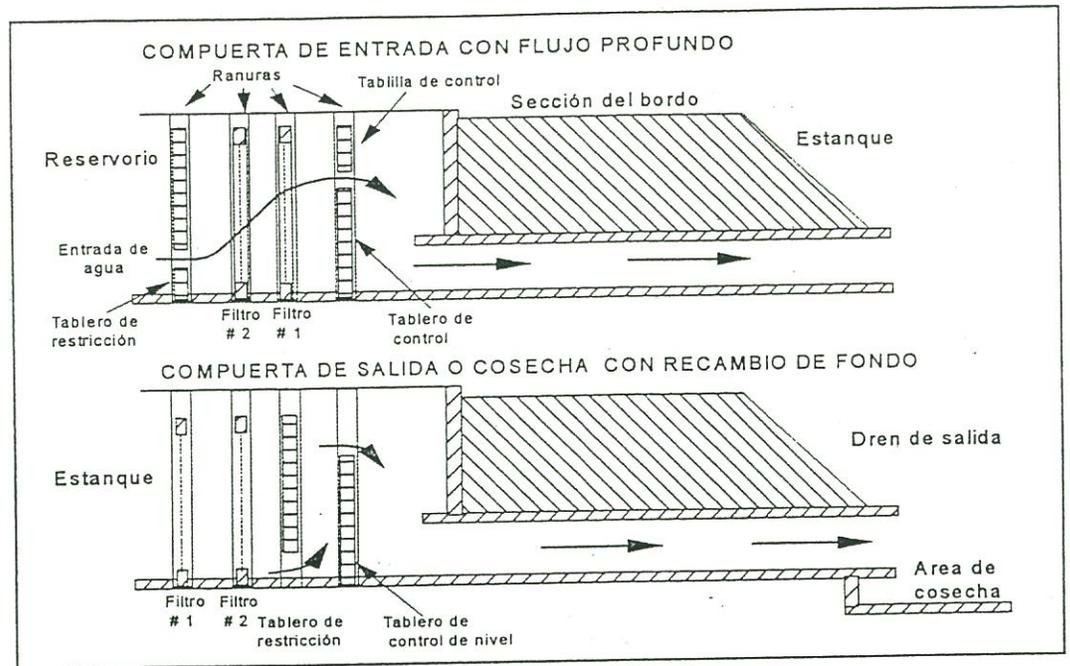


Figura 27.1 Instalación de tableros y filtros de bastidor en compuertas de entrada y salida con recambio de fondo. Notese el orden y secuencia de los filtros y los tableros.

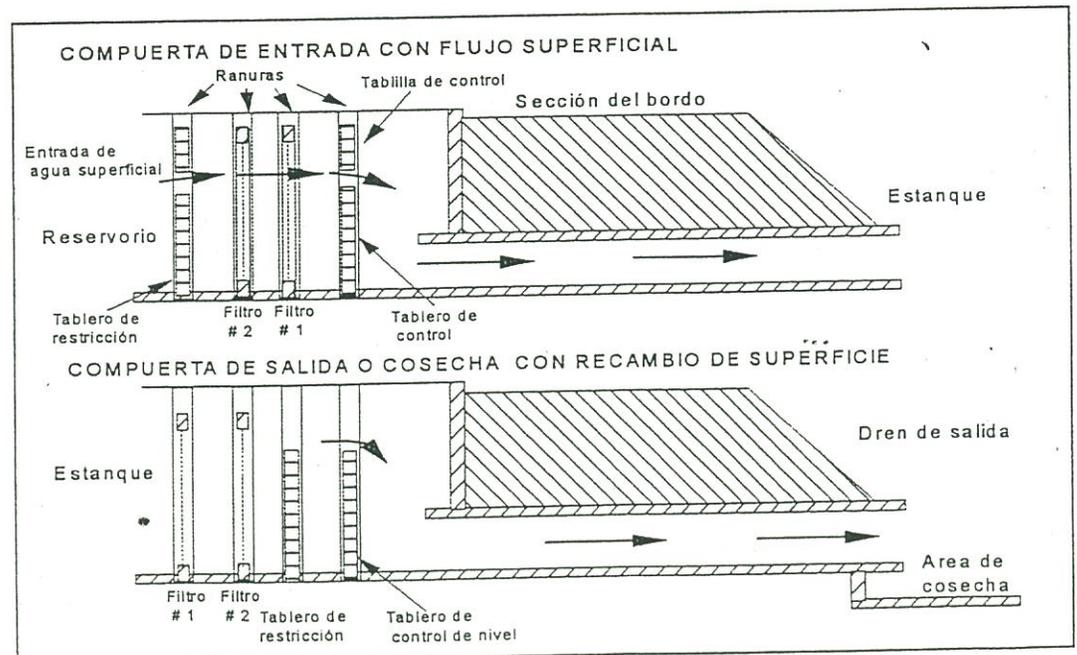


Figura 27.2 Instalación de tableros y filtros de bastidor en compuertas de entrada y salida con recambio superficial. Notese el orden y secuencia de los filtros y los tableros.

Por lo general las mallas de 0.5 a 2.0 mm son de tela de una fibra flexible, mientras que los de 5 y 10 mm por lo general son metálicos. Por tal razón cuando se construye un filtro de malla flexible se le denomina tamiz, mientras que cuando es rígido o metálico se le denomina criba. En la compuerta de entrada por lo general se colocan el filtro de malla gruesa entre el reservorio y la compuerta, mientras que el filtro de malla fina se coloca entre la criba y el tablero de restricción. Ello facilita que la criba detenga la basura y el tamiz detenga la entrada de huevos y larvas de peces u otros organismos no deseables. Por lo general la criba es de 5 mm y el tamiz que se instala es de 0.5 mm o lo que es lo mismo 500 micras. El tamiz de esta malla se coloca en esta etapa de preparación del estanque, para ser cambiado a los 20 o 30 días por un tamiz de 1 a 3 mm.

Filtros de bastidor

Se utilizan en las compuertas de concreto en tres configuraciones; horizontal, en V y en V invertida. El bastidor horizontal es el sistema más antiguo y tiene el defecto de que se deforma con el flujo recibiendo una alta presión cuando se tapona. El sistema de filtros de bastidor en V es más eficiente pues se instalan tres bastidores en lugar de uno, dando una mayor superficie de filtración. En este caso los bastidores se colocan en forma de triángulo con el vértice hacia el reservorio. El sistema de filtros en V invertida se utiliza en la parte interna de la compuerta de entrada, hacia el lado del estanque para recibir el flujo del canal, la punta ó vértice de la V se instala del lado de la entrada de agua, mientras que los extremos se colocan hacia la salida del agua, tiene la ventaja de que el vértice de la V se encuentra sujeto a un lavado por rozamiento del flujo, reduciendo el taponamiento de la malla y acumulando la basura o los huevos y larvas entre las paredes de la compuerta y los tamices.

Filtros de calcetín

Por lo general estos filtros se colocan dentro de los estanques a la salida de los tubos de entrada al estanque, consisten en bolsas de 2 a 8 metros de longitud, según el tamaño del tubo y el nivel de flujo de agua. La malla puede ser de 1 mm o de 0.5 mm, siendo más común ésta última también conocida como malla de 500 micras. Los principales cuidados con estas mallas consisten en cuidar que no estén rotas o a punto de romperse, la bolsa esté bien cosida y sin las costuras en riesgo de romperse y que se instalen de tal manera que toda el agua pase por la malla, cuidando que no pase por ningún agujero ó ranura sin ser filtrada. Cuando las bolsas se cambien, se deben lavar con agua dulce, enjuagar sin cepillar, frotando la tela contra si misma y guardar bajo sombra. Por ser una malla muy fina es fácil de deteriorar si se le deja secar al sol con agua salada y se manipula estando seca. Estas mallas sólo se deben manipular húmedas. Se deben de cambiar a la menor sospecha de que se pueden romper o descomponer, ya que sale más caro alimentar peces con camarones y balanceado que comprar o hacer bolsas nuevas.

La ventaja de este sistema es que tiene un alto control del ingreso pues es el mejor sistema para sellar el filtro contra la compuerta. Su uso en los primeros treinta días de vida del estanque es la mejor herramienta para reducir la depredación y la competencia con los peces. Las desventajas consisten en que es el sistema que más fácil se tapona pues acumula una gran

cantidad de biomasa y materia orgánica, por lo que requiere limpieza frecuente, uno de los riesgos de los filtros de calcetín consiste en que se pueden desprender cuando acumulan demasiada biomasa, materia orgánica y basura.

Filtros de cerco

Se utilizan en sistemas de tubos y en compuertas de superficie, este sistema es muy eficiente pues ofrece una amplia superficie de filtración, pero por lo general se opera en combinación con el sistema de bolsa o calcetín. En este caso el cerco se coloca por fuera del estanque, dentro del reservorio, utilizando tela mosquitera de 1mm de luz de malla, mientras que dentro del estanque se utilizan filtros de bolso o calcetín con mallas de 0.5 mm, los cuales se instalan en la salida del agua, hacia el estanque sujetos a la parte distal de los tubos, que es la que queda emergida de la compuerta hacia el estanque.



Foto 18. Filtro de cerco en un reservorio, frente a una compuerta de entrada, se utiliza para incrementar la superficie de filtración y retener basura.