

2 of 157



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

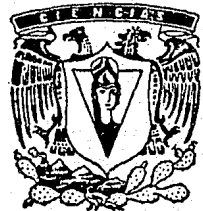
PRINCIPALES INDICADORES QUE SE EMPLEAN EN EL MANEJO DE POBLACIONES EN ACUICULTURA INTENSIVA. ANALISIS CRITICO

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
B I O L O G O  
P R E S E N T A  
ALEJANDRA MARGARITA NEGRETE PACHECO

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1989





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

*	Introducción	
*	Objetivos	
I.-	Antecedentes	1
II.-	Indicadores que se emplean en manejo de poblaciones	10
III.-	Dinámica de la Biomasa	69
IV.-	Discusión y Conclusiones	103
V.-	Recomendaciones	120
*	Bibliografía	121

## INTRODUCCION

La acuicultura constituye una actividad prioritaria que responde a los grandes objetivos nacionales de desarrollo económico y social, primero, porque constituye una fuente alternativa de alimentación al ser un instrumento generador de bienes de consumo, y segundo, porque constituye también una fuente generadora de empleos.

No obstante su importancia, la producción derivada de esta actividad, tanto en el sector público como en el sector privado ha sido muy limitada. Dentro de los agentes causales que han mermado su desarrollo, se encuentra por un lado, la implementación de modelos tecnológicos exóticos que no se adecúan a la realidad nacional, y por otro, el desconocimiento de una serie de elementos básicos que permiten normar criterios sobre el tipo de estrategias de producción que deben seguirse durante el proceso productivo.

Como consecuencia de esto, se ha observado, que en una gran cantidad de granjas acuícolas existe un desbalance entre los estimados de producción, los costos de ésta y los beneficios obtenidos, por lo que los resultados de las evaluaciones económico-financieras resultan incongruentes.

Lo anterior se ha visto confirmado, por los resultados que se

han derivado de estudios realizados por instituciones relacionadas con el Sector Pesquero, que aunado a la información obtenida de otras fuentes como la Banca Nacional, han demostrado que existe en la actualidad una gran cantidad de sistemas productivos que no funcionan dentro de los rangos de rentabilidad aceptables. Asimismo, dichos estudios revelan que dentro de los agentes causales que afectan la rentabilidad (la cual está dada en función no sólo de los aspectos productivos, sino del balance de la relación beneficio-coste-tiempo (Fig. 1a), es el desconocimiento de los principios básicos que rigen al manejo de poblaciones..

De lo anterior surge la necesidad de elaborar el presente documento, en el cual se da un esquema general de los mecanismos y los principios básicos que rigen al manejo de poblaciones en acuicultura, así como la forma en que repercuten éstos en la determinación y optimización de la producción. No se pretende hacer un análisis exhaustivo de cada modelo, pero sí dar las pautas de dependencia entre factores e indicadores, la forma como se interrelacionan, la importancia de cada indicador y los elementos que deben ser considerados en los procesos de optimización de la producción, así como señalar los modelos que de acuerdo a sus características son los que más se emplean en acuicultura intensiva.

Dado que existe una gran diversidad de sistemas de producción,

de manera particular nos enfocaremos a lo que es acuicultura intensiva en canales de corriente rápida (raceways), para poder explicar mediante datos numéricos, conceptos que rigen al manejo de poblaciones; esto se llevará a cabo, dentro de un esquema de simulación, manejado a través de sistemas de cómputo.

En este sentido, es importante enfatizar, que dentro del contexto del trabajo, se analiza y discute información actualizada acerca de la problemática presente en las unidades de producción, la cual se fundamenta de la siguiente forma:

- Información obtenida de fuentes como la Banca Nacional, conclusiones de congresos, simposia, cursos de actualización y capacitación, boletines etc.

- Información de programas de seguimiento que se continúan a la fecha, de estudios realizados por instituciones que analizaron y analizan la problemática que se presenta en las unidades de producción.

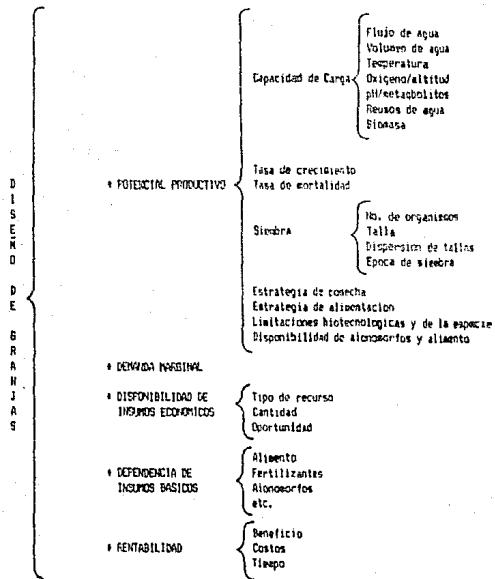


Fig. 1a. Principales factores que intervienen en el diseño de una Granja de Producción Acuicola (Modificado de Medina-García 1989)

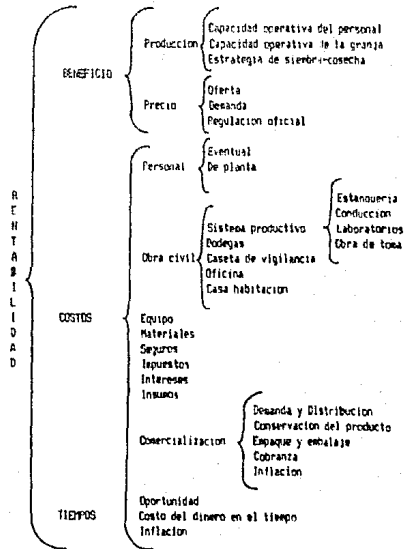


Fig. 1a. Principales factores que interactúan en la Rentabilidad de una granja acuicola (Medina-García 1989)

## OBJETIVOS

- Ponderar la importancia de los parámetros poblacionales que se emplean en acuicultura intensiva, en relación con los aspectos productivos.
- Identificar los principales indicadores poblacionales que participan en la determinación del potencial productivo..
- Analizar la importancia de los indicadores en el manejo de poblaciones.
- Establecer los lineamientos básicos que rigen el proceso sdo Dinámica de la Biomasa.



## I.- ANTECEDENTES.

La carencia de una tradición en acuicultura en nuestro país (30,35,36), debido a una evolución socioeconómica alejada de esta actividad desde la época de la colonia, tuvo como consecuencia un retraso significativo en el desarrollo de esta industria. Aunque Carranza (1953) y Herrera (1981) mencionan, que se venía practicando de forma irregular desde la época precolombina, no es sino a partir de 1940 cuando se inicia el desarrollo formal de esta actividad, en un principio enfocada a la piscicultura de repoblación y siembra, y posteriormente alrededor de los 70's se concibe como una biotecnia, orientada fundamentalmente hacia la producción de bienes de consumo derivados de la explotación racional de recursos acuáticos, y su consecuente comercialización. Asimismo, se le reconoce como una actividad de gran trascendencia y proyección socioeconómica (4,23,29,35,68,69).

No obstante esta concepción de acuicultura como biotecnia, existen en la actualidad autores que la consideran una disciplina de transición entre pesca y agricultura (29), y no como un área de conocimiento pura e independiente que es susceptible de ser vinculada con otras actividades agropecuarias (por ejemplo a través de cultivos integrales)(71).

González y Garcí-Crespo (1983), SUTSP (1983), Pérez (1980) y

Garranza (1953) señalan, que antes de esta nueva concepción, se carecía de acciones concretas en materia de investigación y desarrollo tecnológico, que aunado a la carencia de una infraestructura humana especializada en esta área, obstaculizaron la generación de tecnología nacional; reforzado así, el proceso de industrialización dependiente y subordinado que había seguido y sigue nuestro país en esta actividad.

Asimismo, como consecuencia del reciente surgimiento de esta biotecnia, aún no se ha llegado a establecer una base de tecnologías productivas derivadas de descubrimientos o experiencias científicas; esto es, que en nuestro país, se ha desvinculado la actividad generadora de conocimientos de la base tecnológica relacionada con las actividades productivas implantadas, y la base tecnológica tradicional (15,64,75,83).

Así vemos, que el problema que arrastra esta actividad viene desde su concepción. Hasta el momento, la investigación en acuicultura ha sido parcial en dos sentidos: primero, se ha estudiado el recurso fuera de su contexto biológico, a nivel ecosistema, y segundo, se ha estudiado fuera del contexto socioeconómico en que se ha desarrollado la explotación del recurso.

Empero, si acudimos a la premisa de que la investigación como medio de conocimiento debe considerar al objeto de estudio, la

realidad, como un todo complejo. La investigación en materia de acuicultura debe, entonces, considerar a esta actividad como un fenómeno que debe ser conocido en todas sus partes. Por lo que esta actividad, no permite que se le reduzca única y exclusivamente a la biología del recurso, sino que para entenderla primero como biotécnia, y segundo, como actividad socioeconómica, se tiene que partir de un enfoque conceptual distinto al que se ha venido utilizando, es decir, que su estudio debe considerarse bajo un fenómeno holístico, que contemple esquemas multidisciplinarios que integren la participación activa y directa de los niveles biológico-ambiental, político-institucional y económico-social (23,24,48,49,70,83).

Este enfoque parcial con que se ha abordado la acuicultura, no ha permitido plantear alternativas y soluciones a los problemas que se presentan en esta actividad. La actitud de divorciar la ciencia y la tecnología de las necesidades básicas de producción, no ha permitido por un lado, la creación de tecnologías endógenas que promuevan el desarrollo de la acuicultura nacional, y por otro lado, se ha fomentado la importación de modelos tecnológicos que la mayoría de las veces no son susceptibles de ser aplicados a nuestro país.

Esta situación ha propiciado primero, que los técnicos apliquen modelos exóticos que no se ajustan a las necesidades y

características de los sistemas, y segundo, que el manejo de las granjas se haga en base a un conocimiento empírico o intuitivo.

Es innegable que la práctica reiterada de investigación empírica en acuicultura, basado en supuestos inexactos o pruebas ensayo-error, está crecientemente desacreditada ante el propio sector productivo (15,35,57,64,70). En algunos casos se ha buscado su legitimidad científica, por medio de la cuantificación y de "aptitud científica" en el manejo de los sistemas y datos, en el intento de compensar fallas teóricas de concepto y metodológicas.

En muchas ocasiones cuando se discute el problema metodológico, se le quiere reducir a un conjunto de reglas y procedimientos establecidos de una vez y para siempre. Esta tendencia trata de abordar la metodología científica y los procedimientos biotecnológicos como una "receta de cocina"; de este enfoque han surgido manuales, formatos, formas, cuestionarios etc., de cuya recopilación sólo ha surgido la enumeración de hechos, datos, acontecimientos, y experiencias independientes o inconexas, que llevadas a gráficos, tablas, cuadros e histogramas, se han querido presentar como resultados científicos, que al ser aplicados a los sistemas lo único que ocasionan, es que los estimados de producción y la relación beneficio-costos, resulten incongruentes o absurdos

(4,68,69,70,71,78). A este respecto Bunge (1976), señala, que el método científico no puede reducirse a un conjunto de 'recetas' o prescripciones, ya que el conocimiento científico, no es la recopilación de hechos o información independiente o inconexa.

Por otra parte, Cabrera y García (1984) mencionan, que la producción atribuida a la acuicultura es uno de los renglones mas oscuros del panorama estadístico, ya que no existe información certera por especie, encontrándose frecuentemente esta aunada a la información pesquera y no como información independiente.

En este mismo sentido, cuando se trata de diagnosticar el estado de desarrollo de la acuicultura, se incurre en un error al referirse a aspectos de infraestructura, señalando lo relativo a la cantidad de crias producidas, a los embalses donde éstas se siembran, en vez de hacer alusión a lo que realmente justificaria el desarrollo socioeconómico resultado de las prácticas de acuicultura, como la cuantificación de bienes de consumo, número de personas beneficiadas, monto de los beneficios etc. (15,23,83).

Esta situación ha traído como consecuencia, que las instituciones relacionadas con esta actividad, realicen trabajos de investigación referentes a la problemática que se presenta en las unidades de producción, y que a su vez no

permiten su viabilidad socioeconómica. Dentro de estos trabajos encontramos los siguientes:

a).- Un estudio que realizó una empresa privada para Banpesca, durante el periodo comprendido entre 1984 - 1985, en el que fue analizada la problemática nacional en las unidades de producción en operación; en este estudio, se puso especial énfasis en las repercusiones de dichas problemáticas sobre el sistema productivo y la rentabilidad.

b).- Considerando que uno de los insumos que ocupa mayor porcentaje dentro de los costos de producción es el alimento, una marca comercial de alimento, auspició un estudio cuyo objetivo fué determinar en granjas acuícolas el impacto del manejo de los alimentos en la operación de dichos sistemas, y su repercusión en la dinámica poblacional de los organismos sujetos a cultivo. Este estudio se inicio a fines de 1984 y aún cuando los resultados preliminares se presentaron en 1986, con el análisis de 34 unidades (Cuadro I), actualmente se continúa con un programa de seguimiento.

c).- Asimismo, la FAO en conjunción con SEPESCA presentaron en 1988, los resultados de un estudio que realizaron en 65 unidades y centros de producción nacionales, que se orientó a identificar los patrones de alimentación que siguen las unidades de producción y centros de fomento en las diferentes

fases de cultivo de las especies más importantes para la acuicultura nacional.

d).- De la misma forma que las anteriores, la UAM-Iztapalapa, realizó una encuesta a 28 unidades productoras de Trucha arcoiris, con objeto de conocer cuáles son los indicadores y criterios que se emplean en el manejo de la producción (Cuadro II).

CUADRO I

RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES REALIZADAS EN 34 UNIDADES PISCICOLAS DEL PAIS, CON \*FORMA DE ALIMENTACION\* SE REFIERE A QUE SI SE UTILIZA UN CRITERIO DE ADICIONAR CONFORME A UN PORCENTAJE, O SI SE EMPLEAN TABLAS, O ALIMENTO A SACIEDAD ( KURI-NIVON 1968 )

CONCEPTOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<b>No. de tanques</b>		
0	8	23.52
1	14	41.17
2	10	29.42
2	2	5.83
<b>Frecuencia de alimentacion</b>		
1	9	26.47
2	15	44.11
3	6	17.64
3	4	11.76
<b>Forma de alimentacion:</b>		
uno a tres l	3	8.82
uno, tres y cinco	18	5.94
En base a tablas	9	26.47
Saciedad	4	11.76
<b>Bodegas:</b>		
con tablas	8	23.52
sin tablas	26	76.47
especial	9	26.47
<b>Conocen No. de animales</b>		
	7	20.59
<b>Reutilizan el alimento</b>		
	8	23.52
<b>Maquilan el alimento</b>		
	3	8.82
<b>Usan el alimento de otros animales</b>		
	10	29.41



CUADRO 11 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN 28 UNIDADES PRODUCTORAS DE TRUCHA ARCOIRIS, SOBRE CRITERIOS PARA MANEJAR LA PRODUCCION.

CONCEPTO	FRECUENCIA DE DETERMINACION	FRECUENCIA DE APARICION	PORCENTAJE
* CRECIMIENTO	Mensual	3	10.71
	Vinculadores	21	75
	No determinan	4	14.28
* MORTALIDAD	Diaría	7	25
	Vinculadores	17	60.71
	No determinan	4	14.28
* SIEMBRA	Una anual	1	3.57
	Productor lo requiere	4	14.28
	Donacion de organismos	17	60.71
	Estrategia de siembra	0	0
	Combina alternativas	6	21.42
* INTERRELACIONA PARAM. PARA DETERMINAR C.C. Y C.A.S.	Mensual	1	3.57
	Nunca	27	96.42
* CAPACIDAD DE CARGA C.C.	Mensual	0	0
	No lo conocen	8	28.57
	Conocen Flujo	20	71.42
* BIOMASA	No determinan	27	96.42
	Si determinan	1	3.57
* NUM. ANIMALES POR RESERVOIRIO	Si lo conocen	8	28.57
	No lo conocen	20	71.42
* ALIMENTACION CANT. ALIM. SUM. C.A.S.	Saciedad	17	60.71
	Tablas	11	39.28
* PARAMETROS FISICOQUIMICOS	No determinan	26	92.85
	Si determinan	2	7.14

La presencia de vinculadores, obedece a un programa temporal de la SEPESCA, generalmente es semestral y no se presenta siempre.

## II- INDICADORES QUE SE EMPLEAN EN MANEJO DE POBLACIONES

Para que una granja acuícola obtenga altos rendimientos, se requiere que el productor conozca cuanto va a producir y cuales serán sus costos de producción. Esto significa, que debe conocer la interacción de los parámetros poblacionales, y su relación con los factores que de manera intrínseca los modifican. Para ello, el biotécnico deberá evaluar los parámetros y factores directamente asociados a la producción, y para esto, tendrá que ubicar los directamente involucrados, su comportamiento, su forma de determinación, cómo se modifican y cómo se interrelacionan, para de aquí poder incidir en cada uno de ellos, y específicamente en los que permitirán un adecuado manejo de la producción.

Bajo estos términos, se hace evidente la necesidad de adoptar indicadores que nos permitan evaluar y conocer tanto los niveles de producción del sistema, como la eficiencia y eficacia del manejo de los recursos.

Así bien, entenderemos como indicadores a aquellos factores que pueden ser cuantificados en forma tal que manifiesten la conducta del parámetro analizado.

2.1 Parámetros y Factores que participan en la determinación del potencial productivo. Para poder iniciar este

punto, es importante que definamos lo que es potencial productivo, el cual se entenderá como la máxima producción que un sistema puede generar, considerando la optimización de los recursos humanos, biotécnicos y materiales (Fig. 1b).

De acuerdo con esto, se hará un desglose general de dichos factores, enfatizando los patrones de interdependencia existente entre ellos.

2.1.1 Parámetros de la dinámica poblacional. Gulland (1969), Ricker (1975), Erhardt (1981) y Pauly (1984) mencionan, que un método que nos permite conocer el estado en que se encuentran las poblaciones sujetas a cultivo, es mediante el análisis de la dinámica poblacional.

Asimismo coinciden en enunciar por un lado, que la dinámica de poblaciones estudia a éstas como sistemas funcionales que varían tanto en espacio como en tiempo, y por otro señalan, que para poder llevar a cabo un estudio cuantitativo de la población, se tiene que acudir al axioma de Russel's, que dice lo siguiente: el tamaño de la población esta dado por la interacción de la mortalidad que actúa como factor negativo para la población, y el crecimiento y el reclutamiento que actúan como factores positivos (Fig. 2).

FACTORES RESPONSABLES DEL  
CRECIMIENTO DE LA POBLACION.

FACTORES RESPONSABLES DEL DE-  
CRECIMIENTO DE LA POBLACION

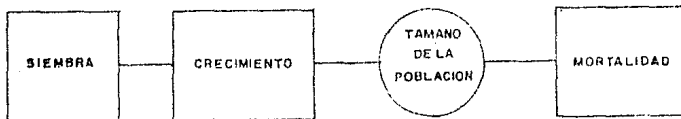


FIG.-2 FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO DE LA POBLACION  
( MODIFICADO DE (MEDINA-GARCIA 1983)

Al respecto Medina-García (1983) señala, que en el caso de la acuicultura intensiva, el reclutamiento es homologado con la siembra. En este mismo sentido, la determinación del potencial productivo esta dada por las fluctuaciones de biomasa, que son el resultado de la interacción del crecimiento, la mortalidad y la siembra.

2.1.1.1 Crecimiento. Uno de los parámetros que nos permiten analizar y entender la dinámica poblacional de los organismos bajo cultivo, es el crecimiento. Esto es particularmente importante, ya que es uno de los elementos que nos marca la pauta para fundamentar estrategias de operación, que ayuden a incrementar la producción del sistema.

Así, el crecimiento se ha definido como la agregación o integración de nuevos tejidos al organismos, y debe ser diferenciado del incremento provocado por robustez o gordura (20,48,53,82).

Por su naturaleza, el crecimiento no puede ser determinado directamente, sino a través de indicadores asociados a él; tomando como referencia cualquiera de las dimensiones del organismos, como longitud o peso total entre otras (3,20,44,48,79,82).

Thompson (1972), menciona que el crecimiento es una velocidad, dice que cuando en un diagrama bidimensional se representa una magnitud (p.e. longitud) en relación al tiempo, se obtiene una clase de diagrama de vectores que se conoce como curva de crecimiento, señala que el fenómeno que se representa es una velocidad, cuyas dimensiones son espacio - tiempo, longitud-tiempo, y a ésta la denomina Tasa de crecimiento.

En la actualidad, se considera como una aseveración universalmente aceptada, que los organismos acuáticos tienen la capacidad de sostener una tasa de crecimiento a lo largo de toda su vida (crecimiento ilimitado o indeterminado) (25, 28,44,58,79). La cual se manifiesta mediante una curva de carácter sigmoideo, que en su primera fase es de tipo exponencial, y la segunda de carácter asintótico. En esta

última fase, los organismos continúan creciendo de manera imperceptible durante toda su vida; los incrementos se hacen mínimos (3,5,44,48,59,60,79,80) (Fig. 3).

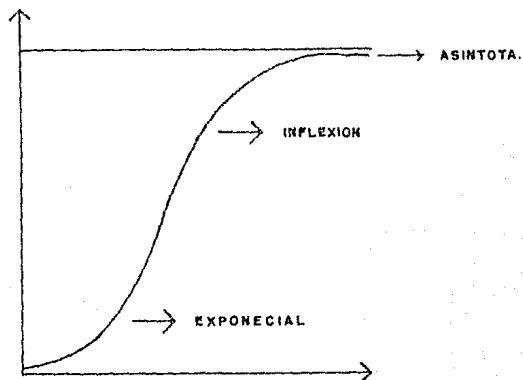


FIG. 3.- CURVA GENERAL DE CRECIMIENTO.

En este mismo sentido, la mayoría de los autores consideran a la curva de crecimiento, como la resultante de la relación peso-tiempo o longitud-tiempo, incremento en longitud, o incremento en peso.

Se ha reportado que existe una máxima tasa de crecimiento para cada especie, que fluctúa de acuerdo a la intensidad con que actúan los factores que afectan al crecimiento (34,87). Así

tenemos que: la temperatura del agua, el alimento y la alimentación son los principales factores que tienen influencia directa sobre el crecimiento; y otros tales como la edad, sexo, estado de madurez gonádica, stress, calidad del agua, factores mediantes, presencia de parásitos y enfermedades, densidad de población, y concentración de metabolitos y feromonas en los reservorios, también repercuten significativamente sobre esta tasa (2, 18, 28, 34, 90, 53). Este tipo de consideraciones son válidas, siempre y cuando las ubiquemos dentro de los límites de tolerancia que soporta el animal.

Es importante señalar, que la tasa de crecimiento es diferente para cada especie, e inclusive para cada talla de una misma población de animales (43,90,56). Con base en ésto, y en lo anterior, podemos entender, que aunque existan dos sistemas de producción que cultiven la misma especie, con condiciones similares de cultivo, las tasas de crecimiento serán diferentes para cada individuo de cada población.

Por otra parte, a diferencia de los vertebrados terrestres, no se presenta una fase de engorda determinada, es decir, no considera a la engorda como una estancia o proceso específico del desarrollo del animal, sino que en estos organismos, el crecimiento es proporcional e indeterminado, y la gordura está en razón de la relación longitud-peso-altura (49), por lo que

no existe una etapa como tal en la que dejen de crecer y comiencen a engordar. Así como tampoco detienen su tasa de crecimiento después de alcanzar la madurez sexual (56,88).

Cuando se habla de crecimiento, se debe diferenciar el de tipo individual del poblacional, la diferencia estriba básicamente, en que este último hace referencia a las fluctuaciones de biomasa que se dan respecto al tiempo, esto es, las fluctuaciones dadas por la interrelación de las curvas de crecimiento, mortalidad y siembra (1,53,79). De esta manera, no podemos desvincular el crecimiento individual del poblacional, puesto que al hablar de sistemas de producción, los análisis y evaluaciones están circunscritos dentro de un esquema de análisis a nivel poblacional; así Allen (1971) menciona, que el incremento promedio de los animales, es el resultado de la sumatoria de los incrementos individuales.

2.1.1.1 Modelos de crecimiento. Considerando que el crecimiento es uno de los parámetros que nos permiten evaluar y analizar los niveles de producción de las granjas acuícolas, es necesario recurrir a modelos que nos permitan observar como se manifiesta este parámetro bajo diferentes condiciones de cultivo. Esto no significa, que se pueda utilizar cualquier modelo, por el contrario, el método de evaluación que se vaya a utilizar no se debe de alejar de la naturaleza biológica del fenómeno en cuestión, ya que su



validez resultará del grado de fidelidad con que este represente el comportamiento del fenómeno real, tanto cualitativa como cuantitativamente (25,33,67). es decir, que se requiere expresar el crecimiento mediante modelos matemáticos que no sólo den una buena representación del fenómeno, sino que también puedan ser usados en estudios analíticos prospectivos y retrospectivos.

En acuicultura, la determinación del crecimiento se basa en la toma de mediciones secuenciales de los incrementos en peso o longitud de los organismos, en un intervalo de tiempo dado (21,25,79). Sin embargo, los procedimientos de análisis y evaluación presentan grandes variaciones. Gulland (1969), Allen (1971) y Ricker (1975), describen y tipifican de acuerdo a su naturaleza, algunos de los modelos que frecuentemente son empleados en las evaluaciones de crecimiento. Teniendo así:  
Modelos rectilíneos y Modelos curvilíneos.

Los primeros se caracterizan, porque el crecimiento se manifiesta como una recta, tal es el caso del Incremento absoluto. En este modelo el tiempo no se considera, y únicamente puede emplearse en datos comparativos bajo condiciones similares y con lapsos cortos de tiempo; por lo que el margen de error es muy grande. No admite inter y extrapolaciones.

La ecuación que lo representa es la siguiente:

$$(L_2 - L_1) \text{ o } (W_2 - W_1)$$

donde:

$$\begin{array}{ll} L_2 = \text{Longitud final} & L_1 = \text{Longitud inicial} \\ W_2 = \text{Peso final} & W_1 = \text{Peso inicial} \end{array}$$

Por otra parte, existe el modelo de Incremento absoluto en un tiempo dado, en el cual el crecimiento es expresado mediante la relación centímetro-tiempo o gramo-tiempo. Las interpolaciones y extrapolaciones que resultan de aquí, presentan grandes márgenes de error. Su representación es la siguiente:

$$\frac{(L_2 - L_1)}{T} \text{ o } \frac{(W_2 - W_1)}{T}$$

donde:

$$\begin{array}{ll} L_1 = \text{Longitud inicial} & L_2 = \text{Longitud final} \\ W_1 = \text{Peso inicial} & W_2 = \text{Peso final} \\ T = \text{Tiempo} & \end{array}$$

Por último, tenemos el modelo de Incremento relativo. Este modelo se caracteriza porque la longitud o el peso se relacionan con sus propias características proporcionales, además de que no considera el tiempo; generalmente se expresa como porcentaje. Presenta mayor grado de exactitud, pero no

admite inter y extrapolaciones, y se expresa como:

$$\frac{(L_2 - L_1)}{L_1} \quad \text{o} \quad \frac{(W_2 - W_1)}{W_1}$$

donde:

$L_1$  = Longitud inicial

$L_2$  = Longitud final

$W_1$  = Peso inicial

$W_2$  = Peso final

La aplicación de estos modelos, trae como consecuencia, que los estimados de crecimiento tengan grandes márgenes de error, pues parten de un supuesto que se opone diametralmente a la naturaleza del crecimiento.

Dentro de los modelos curvilíneos, se incluyen a aquellos que representan al crecimiento como una curva, tal es el caso de la Tasa Instantánea de Crecimiento (o el sucesivo TIC), y del modelo de von Bertalanffy. Con respecto al primero, Gulland (1969) y Ricker (1975) mencionan, que la TIC representa básicamente los incrementos proporcionales en longitud o peso que se presentan en los organismos para cada lapso de tiempo.

Un hecho que podría juzgarse contradictorio, y sin embargo no lo es, es que conforme los incrementos brutos de los organismos aumentan, la TIC disminuye con respecto a la talla de los mismos. Esto se explica, si partimos de las siguientes consideraciones: la primera que dice que los incrementos proporcionales representados por la TIC, disminuyen

proporcionalmente conforme el organismo se desarrolla (Fig. 4), y la segunda, donde los incrementos brutos de los animales se modifican a medida que el animal crece, esto es, que dichos incrementos aumentan gradualmente en un principio durante la fase exponencial, pero posteriormente se estabilizan durante un periodo que corresponde al punto de inflexión hasta que finalmente los incrementos se hacen mínimos o cercanos a cero (Fig. 3).

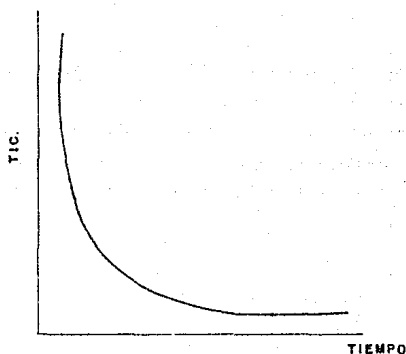


FIG.4.- CURVA CARACTERISTICA DE LA TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO.

Por lo que respecta a la representación matemática de la TIC, esta puede ser expresada tanto para peso como para longitud. Sin embargo cabe señalar, que Ricker (1975) menciona que el peso es la dimensión más representativa del crecimiento, por lo

que entonces, la TIC para peso es la siguiente:

$$\frac{(\ln Y_1 - \ln Y_2)}{T_2 - T_1}$$

donde:

$Y_1$  = Peso inicial

$T_2$  = Tiempo final

$Y_2$  = Peso final

$T_1$  = Tiempo inicial

En este sentido, se ha sugerido otro método de estimación de la TIC, el cual es el siguiente:

$$Y = Y_1 e^{TIC(T)}$$

donde:

$Y$  = Peso en u tiempo "T"

$Y_1$  = Peso inicial

$TIC$  = Tasa instantánea de crecimiento

$T$  = Tiempo

Aquí, la TIC representa la relación de la pendiente de la curva de crecimiento en su fase exponencial, que corresponde a las primeras etapas del ciclo de vida del organismo.

Parker y Larkin (1959) y Ricker (1975), sugieren que la TIC mediante este método, puede calcularse a través de mínimos cuadrados.

Por lo que respecta al empleo de éste, Kuri-Nivon (1988) menciona que es factible hacer interpolaciones con este método,

pero para las extrapolaciones señala, que no debe rebasarse el tiempo en que se alcance el punto de inflexión. Asimismo, este modelo por su naturaleza, puede ser utilizado en los análisis de las poblaciones de organismos que tienen una talla máxima comercial dentro de la fase exponencial de la curva de crecimiento, como en el caso de la trucha (54). En éste caso, el proceso de cosecha o explotación se efectúa durante esta fase, es decir, que la cosecha se realiza durante el primer tercio del ciclo de vida de los organismos.

Las características que definen al modelo, lo colocan entre los más idóneos para aplicarse en acuicultura, ya que debido a su carácter curvilíneo, representa con gran exactitud la naturaleza del crecimiento, además de que puede ser aplicado en lapsos cortos de tiempo y durante todo el proceso.

Por otra parte, señalábamos que otro de los modelos que representan la naturaleza curvilínea del crecimiento, es el propuesto por von Bertalanffy, el cual de la misma forma que el anterior, es uno de los que más frecuentemente se utiliza en este tipo de evaluaciones.

Es evidente que los estudios de crecimiento generan información que es discreta en tiempo, por lo que se hace necesario realizar extrapolaciones de tal forma de lograr estudiar la progresión del crecimiento en forma continua a

través de todos los estadios del organismo. En estas circunstancias, y puesto que es casi imposible observar el crecimiento en vivo y continuamente de todos los integrantes de una población, se requiere expresar dicho proceso mediante una función matemática como el modelo de von Bertalanffy.

Dentro de las características que definen a este modelo, encontramos que puede ser empleado a lo largo de todo el ciclo de vida del organismo (21,25,79,80).

Así tenemos, que la ecuación que define a dicho modelo para el peso es el siguiente:

$$W_t = W_\alpha [1 - e^{-K(t - T_0)}]^\gamma$$

donde:

$W_t$  = Peso en un "T" determinado

$W_\alpha$  = Peso en el nivel asintótico.

$-K$  = Velocidad de crecimiento

$t$  = Tiempo

$T_0$  = Tiempo teórico en el que el orgs. tiene peso = 0

$\gamma$  = Pendiente de la relación entre peso/longitud

En cuanto a la función que representa al crecimiento en longitud, tenemos:

$$L_t = L_\alpha [1 - e^{-K(t - T_0)}]$$

donde:

$L_t$  = Longitud en un "T" determinado

$L_\infty$  = Longitud en el nivel asintótico

$-K$  = Velocidad de crecimiento

$t$  = Tiempo

$T_0$  = Tiempo teórico en que el org. tiene una longitud = 0

La Fig. 5, muestra la curva de crecimiento que representa a la función anterior. En ésta se aprecia, que la tasa de crecimiento es mayor cuando el organismo es más joven, y decrece continuamente. El tamaño o longitud se aproxima a la asintota  $L_\infty$ , a medida que el animal alcanza tamaños mayores. Este proceso de crecimiento nunca se detiene, como se mencionó en líneas anteriores. Gulland (1969), señala que se han reportado "L" máximas superiores a  $L_\infty$ . Asimismo el valor de la constante "K", regula la rapidez de la tasa de crecimiento con que se aproxima a la asintota.

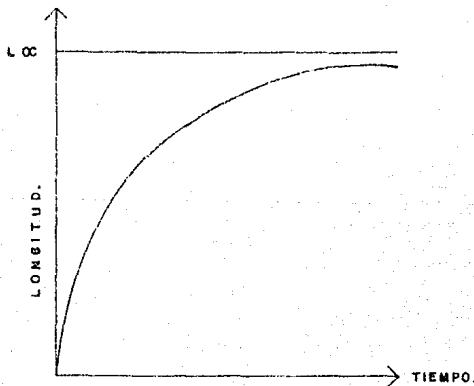


FIG. 5.- CURVA DE CRECIMIENTO EN LONGITUD.



Este modelo puede ser empleado por sus características, en los análisis de poblaciones de organismos que no tengan una talla máxima comercial establecida en la fase exponencial de la curva.

En el manejo de la producción se observa, que en el caso de las poblaciones en las cuales las cosechas se llevan a cabo cercanas o en el punto de inflexión, el modelo que se podría emplear para observar esta fase de la curva, es el antes mencionado.

Una de las ventajas de este modelo, es que las interpolaciones y las extrapolaciones pueden llevarse a cabo con un amplio rango de confiabilidad (21,25,43,53,79,80).

Como se acotó anteriormente, cada modelo única y exclusivamente puede ser aplicado bajo circunstancias específicas, en este caso, si no se tienen datos secuenciales que abarquen la mayor parte del ciclo de vida del organismo, ya sea en longitud o peso, las constantes del modelo no podrán ser determinadas, dado que el modelo abarca toda la curva de crecimiento, siendo esta una de las desventajas o limitantes que el modelo impone.

Por otra parte, dentro de los modelos curvilíneos, también encontramos al de von Bertalanffy asociado con la temperatura. Este modelo surge a partir de la consideración de que la

temperatura afecta el crecimiento de los organismos acuáticos. Se ha observado, que en la curva de crecimiento se presentan oscilaciones de acuerdo a las variaciones de la temperatura en las diferentes estaciones del año. Así Pauly (1984), modifica el modelo propuesto por von Bertalanffy al introducir el factor temperatura. De aquí surge la siguiente ecuación:

$$L_t^D = L_\infty^D \left[ 1 - e^{-KD(t-T_0) + C \frac{KD}{2\pi} \sin 2\pi(t-T_g)} \right]$$

donde:

$L_\infty$ ,  $K$ , y  $T_0$  son los parámetros conocidos del modelo,  $D$  es un factor de superficie,  $C$  expresa la amplitud de las oscilaciones, y  $T_g$  representa el comienzo de las oscilaciones con respecto a  $T_0$ .

El incluir las oscilaciones producidas por la temperatura, nos permitirá estimar los valores de los parámetros del modelo, en casos donde los efectos de la temperatura sean muy marcados.

Por su parte, la llamada constante de criadero, maneja un aspecto similar al modelo anterior, ya que considera la relación entre los incrementos en longitud que se producen a una temperatura dada. En este caso se incluye, el Factor de conversión de alimento (Ecuación Haskell 1959). Se le denomina "constante de criadero", porque bajo condiciones semejantes de una misma unidad, las variables pueden presentar un patrón similar. Esta constante no se puede obtener sino a través de

una serie de registros de las variables de años anteriores.

Piper (1972a) y Buterbaugh y Willoughby (1967), hicieron una modificación de la ecuación general de Haskell (1955, 1959), para determinar la constante de criadero bajo condiciones de temperatura variable. En esta modificación relacionan las unidades de temperatura y el crecimiento. Haskell (1955, 1959) propone la existencia de una temperatura donde los animales dejan de crecer y tienen incrementos mínimos cercanos a cero, siendo ésta la temperatura crítica; cada grado mayor es una "Unidad de temperatura", y menciona además, que por cada unidad de temperatura se presentará un incremento en el crecimiento.

Ambos autores señalan, que las unidades de temperatura (en los sucesivo UT), deben ser determinadas a partir de los promedios diarios de cada mes, o en su caso de la temperatura promedio mensual.

El crecimiento puede calcularse conociendo las UT, teniendo así:

$$UT/L = \frac{UT}{\Delta \text{ en } L}$$

donde:

- UT = Unidades de temperatura
- L = Longitud
- $\Delta \text{ en } L$  = Incremento en Longitud

De la misma forma menciona, que si se realizan determinaciones experimentales en lapsos cortos de tiempo de las UT para el incremento en longitud, servirán de base para su estimación.

Para determinar la constante de criadero, los incrementos esperados se calculan mediante la siguiente relación:

$$\text{Incremento en } \begin{matrix} \text{long. para un} \\ \text{mes determinado} \end{matrix} = \frac{\text{UT esperadas en el mes en curso} / 30 \text{ día}}{\text{UT por incremento en longitud}}$$

La constante de criadero puede ser utilizada para determinar la cantidad de alimento a suministrar, si el incremento diario de longitud calculado se introduce en la ecuación propuesta por Haskell (1955,1959).

Kuri-Nivon (1988) señala que este método, no se recomienda si no se conoce la relación de las tasas de incremento de las tallas específicas.

La importancia de esta constante estriba, en que engloba las características específicas de cada unidad de producción por separado.

Por otra parte, retomando los métodos de evaluación de crecimiento, Hickling (1960) menciona, que muchas veces el crecimiento también ha sido presentado en forma de gráficos, tablas, o cuadros, que son la simple representación promedio de

los datos brutos obtenidos. Estas representaciones aún cuando son numéricas, son de carácter cualitativo, debido a que la validez de las cantidades manejadas, no sólo depende de la exactitud con que fueron tomadas y representadas, sino de la integración de los elementos que participan en el fenómeno que se está reproduciendo, en modelos que lo puedan expresar.

2.1.1.2 Mortalidad. La mortalidad es considerada como un factor que ejerce un efecto negativo en la población, al provocar una disminución en el número de organismos en un intervalo de tiempo dado. La forma a través de la cual se representa, es mediante una curva de tipo exponencial con pendiente negativa, que indica que el número de organismos decrece con relación al tiempo (221,25,79,80).

La mortalidad participa directamente en la dinámica poblacional, siendo importante su consideración en los estimados de producción, ya que al decrecer el tamaño de la población, la biomasa se ve modificada por tal efecto, así como las estimaciones de la cantidad de alimento a suministrar, capacidad de carga y estrategias de cosecha.

Medina-García (1989) y Kuri-Nivon (1988) mencionan, que la mortalidad puede manifestarse de dos formas diferentes: Mortalidad paramétrica y Mortalidad no paramétrica.

La mortalidad paramétrica, representa un tipo de mortalidad en donde la disminución en el número de organismos se manifiesta de manera gradual a lo largo de todo el ciclo de cultivo, y se le asocia a los procesos adaptativos de las especies a las características ambientales o al mismo sistema de cultivo, y a la mortalidad inherente de la población.

La mortalidad no paramétrica, no exhibe un patrón de comportamiento secuencial. Se presenta o bien de manera eventual o de forma recurrente; la primera se atribuye a brotes epizooticos -que se pueden presentar en cualquier época del año, y de manera aleatoria-, y a los bajos niveles de eficiencia y competitividad del personal y del sistema productivo, y la segunda, se presenta generalmente de manera súbita durante los diferentes estancias por los que atraviesan los organismos, esto es, en el periodo de interfase de los cambios de estadio. La magnitud de este tipo de mortalidad no puede predecirse con exactitud.

2.1.2.1 Modelos de mortalidad. Se ha reportado, que la tasa de mortalidad no puede ser estimada a no ser que se defina un modelo que represente o reproduzca el comportamiento real del fenómeno (21,25,80).

Bajo estas circunstancias, los métodos más usuales de estimación de la mortalidad son los siguientes:

- Modelo lineal
- Modelo simple esponencial
- Modelo múltiple exponencial

Cabe señalar, que los dos primeros se consideran dentro de los modelos que representan a la mortalidad paramétrica, y el último a ambos.

En el modelo lineal, la muerte de los organismos se presenta bajo una tasa constante a través del tiempo, hasta que los animales mueren en un tiempo determinado. Generalmente se expresa en porcentaje o número de animales muertos por día. Este modelo, concibe a la mortalidad como un proceso rectilíneo y constante, y no como un proceso curvilíneo. Su expresión matemática es la siguiente:

$$N_t = \frac{N_0 (t - T)}{T}$$

donde:

$N_0$  = Número inicial de organismos

$T$  = Tiempo

$N_t$  = Número de organismos en un tiempo "T"

El modelo de mortalidad simple exponencial, permite conocer los cambios que se dan en cuanto al tamaño de las poblaciones en un intervalo de tiempo dado. Representando de esta forma, el proceso decreciente que sufre la población mediante una exponencial.

La expresión que lo representa es la siguiente:

$$N_t = N_0 e^{-z(t)}$$

donde:

$N_t$  = Número de animales en un "T" dado

$N_0$  = Número inicial de animal

$-z$  = Tasa instantánea de mortalidad

$t$  = Tiempo

Esto significa, que el número inicial de organismos que en un intervalo de tiempo desaparece por muerte natural, es igual a la probabilidad de muerte multiplicada por el número de organismos presentes en la población, en consecuencia, la tasa de mortalidad es proporcional al tamaño de la población en cualquier tiempo. Y la función que satisface esta condición, es una exponencial con pendiente negativa (1,21,25,79,80).

Desde otra perspectiva, el carácter que define al modelo se fundamenta en una relación proporcional entre el número de individuos que mueren por unidad de tiempo, y la cantidad de organismos de la población durante ese instante.

Este modelo puede ser expresado también de la siguiente forma:

$$z = \frac{(\ln N_t - \ln N_0)}{T_2 - T_1}$$



donde:

$Z$  = Tasa instantánea de mortalidad

$N_0$  = Número inicial de individuos

$N_t$  = Número final de individuos

$T_1$  = Tiempo inicial

$T_2$  = Tiempo final

El modelo es útil para los estimados de rendimientos, a partir de que los organismos pierden sus características larvarias (43).

Aquí es importante enfatizar, por un lado, que la tasa instantánea de mortalidad permite conocer las tasas de cambio del tamaño de la población en un intervalo corto de tiempo, y por otro, que dadas sus características es uno de los modelos que se emplean generalmente en acuicultura.

Por último, la mortalidad múltiple exponencial se caracteriza porque el ciclo de vida de los organismos se divide en "n" intervalos, tal que:

$$N_t = N_0 e \left[ Z_n(t - T_{n-1}) + \sum_{i=1}^{n-1} Z_i(T_i - T_{i-1}) \right]$$

donde:

$N_0$  = Número inicial de organismos

$T_{n-1}$  = en  $T_n$  la tasa de mortalidad es  $Z_n$

$T_i$  = Tiempo inicial

La ventaja de este modelo, es que nos permite determinar las diferentes tasas de mortalidad presentes en las estancias por los que pasa el organismo (1).

Es evidente que los organismos no siguen un patrón de mortalidad predeterminado, sin embargo, es factible hacer estimados de la mortalidad a lo largo del proceso productivo gracias a la aplicación de modelos que nos sirven como indicadores de la mortalidad, como los antes mencionados.

Por otra parte, se presenta un tipo de mortalidad en la cual los animales mueren en un tiempo "T", a una edad dada. Este tipo de mortalidad obedece a aspectos conductuales como en el caso del salmón del pacífico (*Oncorhynchus kisutch*)

2.1.1.3 Siembra. En acuicultura intensiva se reconoce a la siembra, como el número de organismos o población de alomorfos (cualquier estadio del ciclo de vida de los organismos huevo, alevin etc) con que se inicia el proceso o ciclo productivo y que son introducidos al estanque o estanques (5,16,81).

El concepto global de siembra comprende cuatro elementos fundamentales: el número de organismos, la talla de los mismos, la dispersión de esta última y la época de siembra. Los dos primeros resultan evidentes en su definición, pero cuando

hablamos de época de siembra, hacemos referencia al tiempo (mes, semana, día etc.) en que la camada es sembrada. Aquí es importante señalar, que este tiempo va a estar dependiendo de la temperatura, disponibilidad de flujo de agua, estrategias de siembra y estrategias de cosecha. En cuanto a la dispersión de tallas, la entenderemos como el grado de variación que se presenta en la talla de los organismos de una población con respecto a una talla promedio.

Cabe destacar, que si el rango de dispersión es muy amplio, provocará reacciones jerárquicas y de competencia en la población, ya que al haber organismos de diferentes tallas en un estanque, competirán tanto por espacio como por alimento.

Por otra parte, las siembras pueden ser de dos tipos: siembras homogéneas y siembras heterogéneas. Las siembras homogéneas, son el resultado de la introducción de la misma cantidad de organismos en cada tiempo de siembra (Fig. 6). En estas siembras, la producción que se genere durante el proceso productivo, va a ser de la misma magnitud.

Las siembras heterogéneas, contrario a las anteriores, en cada tiempo de siembra se introduce una cantidad diferente de organismos (Fig. 7). Este tipo de siembras se basa en el aprovechamiento integral del sistema con fines de optimización; la disponibilidad integral de flujo de agua del sistema y la

demanda del producto, marcarán la pauta para determinar el tamaño y época de siembra. En estas siembras, la cantidad de biomasa producida para cada tiempo, no es de la misma magnitud.

Es importante mencionar, que las siembras de cada camada van a depender de las necesidades (demanda del producto) y características del sistema (disponibilidad de flujo, temperatura etc), para cada tiempo.

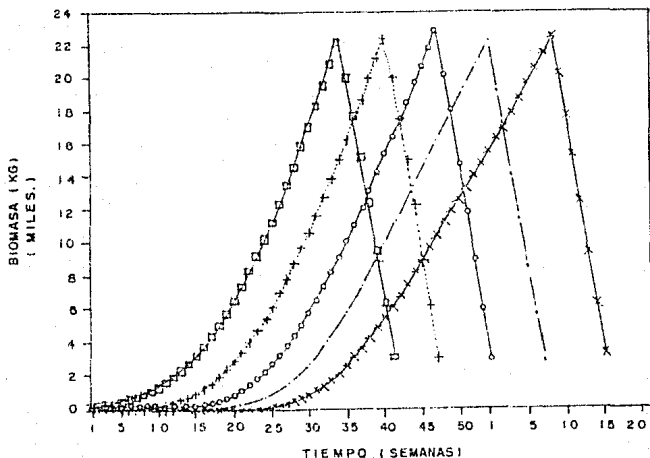


FIG.-8 SIEMBRAS HOMOGENEAS.

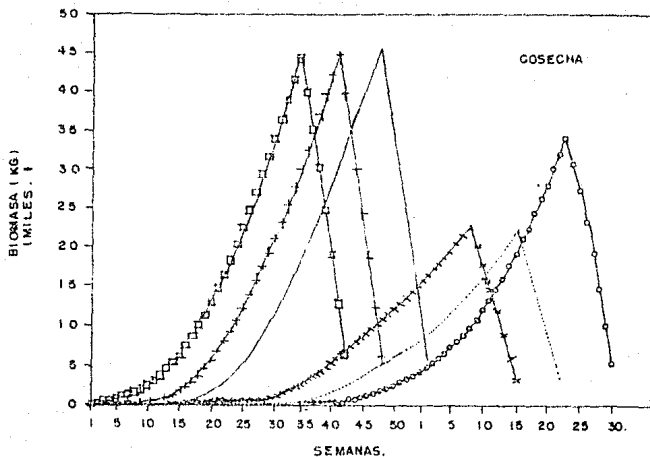


FIG.-7 SIEMBRAS HETEROGENEAS.

2.1.2 Factores asociados a los parámetros de la dinámica poblacional. Al hablar de manejo de poblaciones no hacemos referencia única y exclusivamente a los parámetros poblacionales: crecimiento, mortalidad y siembra, sino al conjunto de factores que intervienen en este proceso. De aquí se desprende, la necesidad de profundizar más en estos aspectos que también son prioritarios en la determinación del potencial productivo, a través del manejo de poblaciones.

Atendiendo a la importancia que tiene la temperatura, capacidad de carga, la alimentación y el factor de condición,

nos referiremos a ellos con el fin de desarrollar las mejores estrategias que permitan establecer las acciones más pertinentes en el sistema, considerando la interrelación que tienen con los parámetros poblacionales.

2.1.2.1 Temperatura. La temperatura del medio es uno de los principales factores que afectan la dinámica poblacional en las unidades de producción. Hokanson *et al.* (1977) menciona, que las fluctuaciones de temperatura pueden tener efectos deletéreos en las poblaciones sujetas a cultivo, alterando las tasas de crecimiento y mortalidad; desde el momento en que la temperatura afecta el metabolismo y consumo de oxígeno.

Pero no es solamente el efecto de la temperatura sobre el metabolismo el que debe considerarse. También el efecto multiplicativo que tiene en los siguientes aspectos: demanda de oxígeno, alimentación, crecimiento, características fisicoquímicas del agua, en cuanto a concentración de oxígeno del medio, pH etc.

Por lo que se refiere a las influencia de la temperatura sobre el organismo, veremos que está inherentemente asociada al efecto que ejerce sobre las reacciones bioquímicas que se suceden en el animal. Este efecto se manifiesta con mayor intensidad, en la mayoría de los organismos acuáticos por ser ectotérmicos, excepto en los mamíferos marinos. El hecho de

ser organismos que tienen una temperatura corporal variable, debido a que esta última es independiente del calor producido por su metabolismo oxidante, los hace depender directamente de la temperatura del medio. Esto nos indica entonces, que en estos organismos la temperatura corporal y el metabolismo, varían linealmente con la temperatura del medio (6,28, 59, 89). Esto es, que un descenso en la temperatura del medio producirá un descenso aproximadamente de la misma magnitud tanto en la temperatura corporal, como en el metabolismo; y lo mismo sucederá con un incremento en la temperatura.

En este sentido es importante señalar, que al actuar la temperatura sobre la actividad metabólica del organismo, estará regulando también de manera directa la demanda de oxígeno de este, por lo que entonces, debe considerarse los efectos de la temperatura sobre el consumo de oxígeno de los organismos.

Abundando en esto, existe una temperatura óptima dentro del rango fisiológico de tolerancia de los organismos, dentro de la cual viven y se desarrollan normalmente. A esta temperatura, tanto el consumo de oxígeno como la actividad metabólica se incrementan. En este rango fisiológico, la tasa de crecimiento se puede manifestar de forma diferente por el efecto de la temperatura, pero existe un punto en el cual se presenta el máximo crecimiento (Fig. 8). Wheatherley (1976) a este respecto

indica, que la temperatura a la cual el máximo crecimiento ocurre depende de la especie. Y de la misma forma, C.E.S. (1981) y Wheathon (1982) señalan que los rangos de tolerancia para la temperatura varían de acuerdo a la especie.

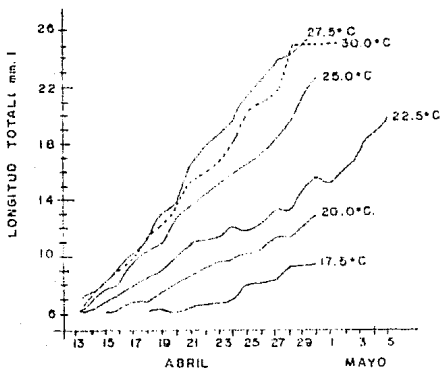


FIG.-8 TASAS DE CRECIMIENTO DE LA LOBINA DE BOCA ANCHA A VARIAS TEMPERATURAS ( WHEATHON 1982 )

De esto se desprende, que las tasas de crecimiento se manifestarán de manera diferencial en los organismos, de acuerdo a la intensidad con que la temperatura actúe.

Esto nos marca la pauta para entender, que en los meses donde las temperaturas son críticas, el crecimiento se verá reducido más que en los meses en que el efecto de la temperatura no es tan marcado. esto por el efecto que se produce a nivel metabólico.



Por otra parte, se acotó anteriormente que la temperatura también afecta las características fisicoquímicas del agua; saturación del agua, concentración de oxígeno disuelto en el agua, pH etc. Este efecto actúa de forma directa sobre los organismos, pues al reducirse la concentración de oxígeno del agua, se reduce también la tasa de concentración de éste. Cuando dicha concentración es baja, el organismo no puede extraer el suficiente oxígeno para satisfacer sus necesidades metabólicas; lo cual ocasiona que los organismos entren en condiciones de estrés, haciéndose así más susceptibles a parásitos, enfermedades, depredadores etc.

Es evidente, que si bajan los niveles metabólicos por falta de oxígeno o alimento, que son las principales fuentes bioenergéticas, el organismo tenderá a disminuir su tasa de crecimiento y en casos extremos llegará a morir (26,60,65,90).

En este sentido es importante señalar, que la relación inversa que existe entre la temperatura y la concentración de oxígeno, debe considerarse en los estimados de capacidad de carga, pues, en mucho depende de ésta que los organismos satisfagan sus demandas de oxígeno bajo cualquier condición de temperatura.

2.1.2.2 Capacidad de carga. Muchos son los factores fisicoquímicos, biológicos y de manejo que influyen

negativamente en la vida y producción de los organismos acuáticos, y que incluso pueden determinar mortandades en gran escala de los mismos.

A este respecto se ha señalado, que uno de los principales agentes causales de grandes pérdidas en los sistemas de producción, es el manejo inadecuado de la capacidad de carga (en lo sucesivo C.C.) (27,39,47,72,73,74,91), el cual se ha dado principalmente, como lo menciona Burrows y Chenoweth (1955), por la carencia de información referente a las características biológicas o hidrobiológicas que deben tener los reservorios que sostienen las poblaciones sujetas a cultivo. Esto es de particular importancia, porque para los estimados de capacidad de carga se deben de considerar dichas características, para cada unidad de tiempo y para cada población.

Muchos son los autores que se han enfocado al estudio de la C.C., y la mayoría de ellos han coincidido en definirla como el número de organismos presentes por pie cúbico de agua o galones por minuto. Sin embargo es importante mencionar, que en los modelos propuestos por algunos de ellos como los de Haskell (1955), Willoughby (1968), Burrow y Combs (1968), consideran a la C.C. como una función de la relación contenido de oxígeno del agua, suministro de agua y cantidad de alimento a suministrar, y no como una función de la

interrelación de varios factores tales como: flujo y reusos de agua (como factores que proveen y renuevan el oxígeno del estanque, y eliminan metabolitos), demanda de oxígeno del organismo, concentración de oxígeno del medio, aporte orgánico (alimento), altitud, temperatura, concentración de feromonas y metabolitos (amonio principalmente), (13,27,38,61,76,77) y algo muy importante, número y talla de los organismos.

Esto desde un punto de vista integrativo, nos permite entender que la C.C. será diferente tanto en tiempo como en espacio, ya que representa la masa total de organismos que soporta un sistema o reservorio, bajo condiciones específicas de cultivo y de manera instantánea.

Por otra parte, dentro de los factores que deben considerarse prioritarios para los estimados de C.C., son tanto los requerimientos de flujo de agua como la disponibilidad de flujo de ésta. Con respecto al primero Liao (1971) y Piper (1972b) señalan, que los requerimientos de flujo de agua fluctúan durante el proceso productivo, al tiempo que las estaciones del año lo hacen por efecto de la temperatura. Esto es importante, porque para los estimados de C.C. se deben de considerar los efectos de la temperatura sobre las demandas de oxígeno de los organismos y los requerimientos de agua, ya que al existir una relación inversa entre la temperatura y la concentración de oxígeno del medio, y una directa entre la temperatura, la

demanda de oxígeno y los requerimientos de agua, estarán modificando los valores de C.C. para cada tiempo.

Con respecto al segundo, se ha observado que de la misma forma que el anterior, también presenta fluctuaciones durante el proceso productivo. Dichas fluctuaciones deben considerarse, porque en virtud de éstas, se estará determinado la cantidad de oxígeno del medio. Sin embargo cabe aclarar, que no es el efecto del flujo de agua lo que repercutirá en la C.C., sino más bien, el efecto integrativo y multirrelacionado que tiene este con otras variables como las antes mencionadas.

Ahora bien, por lo que respecta a su forma de determinación, se han propuesto varios métodos para esto, sin embargo, el más generalizado es el propuesto por Liao (1971); el cual determina la cantidad de flujo de agua necesaria tanto para suministrar la cantidad de oxígeno requerido por el organismo, como para eliminar los productos metabólicos en función de la talla y la temperatura del medio. Las ecuaciones para este método son las siguientes.

- Ecuación que establece la relación entre oxígeno consumido, temperatura y tamaño del organismo:

$$O_2 = K T^n W^m$$

- Ecuación que relaciona concentración de oxígeno disuelto a una temperatura, saturación y altitud dada.

$$C_e = \frac{S \times 132}{T^{0.625}} \times \frac{760}{760 + \frac{E}{328}}$$

- Relación entre oxígeno consumido, concentración de oxígeno disuelto, requerido por unidad de peso del organismo.

$$Q = \frac{1.2 (C_e - c)}{O_2}$$

Integrando lo anterior en una ecuación general tenemos lo siguiente:

$$Q = \frac{1.2 \times (C_e - c)}{K \times T^n \times W^m}$$

donde:

- W = Peso del organismo (lb)
- Q = Flujo de agua (galones por minuto)
- 1.2 = Coeficiente de corrección
- C<sub>e</sub> = Oxígeno disuelto (ppm) a una temp. y altitud
- C = Oxígeno mínimo disuelto
- m = Pendiente oxígeno - peso del organismo
- n = Pendiente oxígeno - Temperatura
- K = Tasa constante
- E = Elevación sobre el nivel del mar (pies)
- S = Saturación de oxígeno
- T = Temperatura en grados Fahrenheit
- O<sub>2</sub> = Tasa de consumo de oxígeno

Por otra parte, el número de reusos que tiene el agua en los sistemas que emplean canales de corriente rápida, es un factor indispensable a considerar en los estimados de capacidad de carga, ya que al estar dispuestos en baterías continuas unas de otras, permiten que el agua que circula a través de éstos tenga varios reusos.

Estos reusos van a estar regulando a su vez, la concentración de metabolitos excretados por la población y la concentración de oxígeno del medio; esto, por las entradas y salidas continuas de agua. Aquí es importante señalar, que la localización del estanque dentro de la batería debe considerarse también en los estimados de C.C., porque dependiendo de su ubicación, será la carga que soporte; en la medida en que el flujo de agua del estanque tenga menos reusos, soportará una carga mayor, puesto que tendrá más oxígeno y menor concentración de metabolitos que un estanque que tenga mayor cantidad de reusos de agua. Burrows (1964) a este respecto menciona, que las altas concentraciones de amonio con altas densidades y bajos flujos de agua, pueden actuar como productos altamente nocivos para la población.

Dado que para estimar la C.C. se deben de considerar los reusos de agua, es necesario entonces que recurramos a un modelo que nos permita determinar este número de usos. La forma mediante la cual se puede estimar esto, es a través de una ecuación

múltiple exponencial, en donde se relaciona la temperatura y el pH del sistema.

$$\ln \text{ usos} = \ln a + b (\text{pH}) + C (\text{TeC})$$

La carga total que puede ser soportada por el sistema, se da a partir de la multiplicación del valor de la capacidad de carga por el entero que resulta de la ecuación anterior (54).

2.1.2.3 Alimento y Alimentación. El alimento es uno de los principales insumos en los sistemas de producción, por lo que se le considera un elemento clave, ya que en algunos casos representa entre el 40 y 60 % de los costos de operación de las empresas (48,71,82,84,78). Este hecho nos indica que el alimento debe considerarse como estratégico en la rentabilidad del cultivo y, por ende, su manipulación es de gran importancia. Esto implica, confrontar una problemática logística, biológica y económica.

La producción eficiente y económica de los organismos acuáticos requiere de que se cumplan dos condiciones: el uso de alimentos en cuya formulación se contemple la cobertura de los requerimientos nutricionales específicos para cada especie, y el empleo de técnicas o mecanismos de alimentación que se ajusten a las demandas poblacionales por unidad de tiempo.

Es por demás señalar la importancia que tiene el ofrecer al





Lo anterior permite establecer, que estos factores deben considerarse como determinantes en el proceso de alimentación y manejo de los alimentos. En este sentido cabe mencionar, que otro aspecto importante es el relacionado con el transporte y almacenaje del alimento, ya que de esto depende que el alimento no pierda sus propiedades nutricionales por alteraciones físicas, químicas o biológicas (Fig. 10). Es decir, que no pierda su calidad.

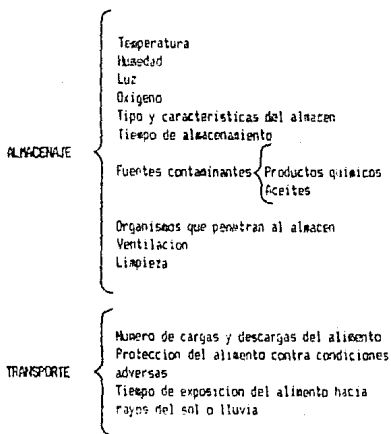


Fig. 10 Factores que influyen en el deterioro de los alimentos, durante el almacenaje y transporte( Kuri-Nivon 1988)

No obstante la importancia de cada uno de los elementos antes mencionados, la cantidad de alimento a suministrar es una de las actividades que deben considerarse como prioritarias en las unidades de producción, ya que un manejo inadecuado provocará alteraciones en la población y en el nivel de costos de producción.

2.1.2.3.1 Cantidad de alimento a suministrar. El alimento constituye una de las principales fuentes bioenergéticas que permiten que los organismos crezcan y se desarrollen normalmente. Pero para que esta condición se cumpla, esta fuente de energía debe satisfacer los requerimientos energéticos necesarios para crecimiento, mantenimiento y reproducción (26,43,48).

Phillips (1970) y Halver (1972) en este sentido señalan, que esta demanda energética varía en función de la especie, temperatura del agua, tamaño, edad, sexo del organismo, actividad fisiológica, exposición a la luz, composición de la dieta, factores medioambientales etc. Sin embargo, pese a que esta demanda varía en función de un gran número de factores, los organismos siempre estarán requiriendo de una cantidad mínima de alimento, que les permita cubrir sus necesidades metabólicas.

En la Fig. 11, podemos observar el destino de la energía en

función de la cantidad de alimento suministrado; de la cantidad total de alimento que se adiciona (energía), una parte de esto se pierde y es desperdiciado porque no es consumido por el organismo (Factor de pérdida, en los sucesivo FP) (S1). De la cantidad de alimento consumido, existe un porcentaje de la energía de este que tampoco es utilizado por el organismo, porque es excretado en forma de orina y heces (FV); esta energía es considerada más bien como un desecho metabólico y no como alimento desperdiciado (37,90)

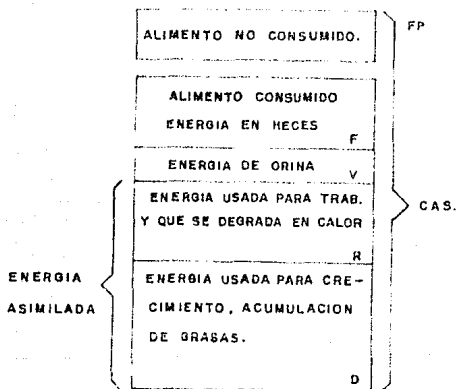


FIG. II - DESTINO DE LA ENERGIA EN FUNCION DEL ALIMENTO SUMINISTRADO A LOS ORGANISMOS. (KURI - NIVON 1988).

De la energía que es asimilada, parte se destina para el

trabajo (energía en forma de calor) (R), y parte se emplea para el crecimiento, actividad gonádica, acumulación de grasas etc. (D).

Con esto podemos observar, que el suministrar una cantidad de alimento a los organismos permitirá por un lado, que haya un incremento o un decremento de la biomasa, y por otro, que los costos se abatan o aumenten por efecto del factor de pérdida. Así vemos que por ejemplo, si se adiciona una cantidad de alimento mayor de la que demanda la población, los crecimientos no se verán afectados pero los costos se incrementarán por acción del FP.

De aquí se deriva, que una de las herramientas que permitirán al productor optimizar el manejo de los alimentos y obtener rentabilidades mayores, es el conocimiento de que existe un FP, el cual deberá tratar de minimizar para alcanzar estos objetivos.

Dada su importancia, mencionaremos algunos aspectos que el productor debe considerar al respecto.

La naturaleza del FP lo vincula directamente con los aspectos biotécnicos, es decir, que los incrementos o decrementos de éste se encuentran en razón directa con el manejo de los alimentos.

En este mismo sentido cabe destacar, que existen factores asociados a la especie, a la capacidad operativa como biotécnica del personal y del sistema, que condicionan la cantidad de consumo de alimento; de tal modo que modifican un mayor o menor grado el FP, por ejemplo, para el proceso de alimentación debe considerarse la interrelación de elementos tales como calidad, cantidad, frecuencia, y distribución del alimento, con la finalidad de reducir en la medida de lo posible el FP.

Kuri-Nivon (1988) indica, que para que un organismo consuma una ración de alimento éste último debe pasar por diferentes niveles, comenzando por el denominado disponibilidad, que vendría a ser la cantidad de alimento suministrado, seguido por la vulnerabilidad, que hace referencia al alimento que puede ser consumido en función de sus características (tamaño de la partícula por ejemplo), y por último viene la accesibilidad y consumo del alimento. Respecto a la primera señal, que no todo alimento es "accesible" debido a que participan en el proceso de captación del alimento factores tales como densidad de la población, distribución y frecuencia alimenticia entre otros (Fig. 12). De esto se concluye, que el FP fluctuará de acuerdo a cada sistema específico.

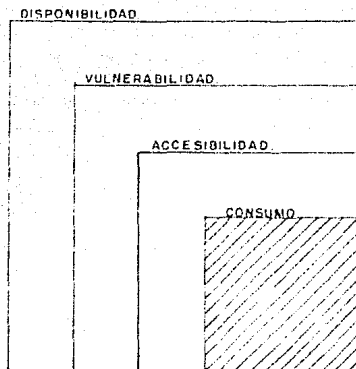


FIG.12. - NIVELES ASOCIADOS A LA CAPTACION DE ALIMENTO.  
( KURI - NIVON 1988. )

En resumen: el comprender la complejidad de los procesos que participan en la alimentación y manejo de alimentos, obliga a la integración de cada uno de los factores, elementos o parámetros que la modifican, con el objeto de optimizar los recursos y elevar el nivel de rentabilidad.

2.1.2.3.1.1 Métodos para determinar la Cantidad de Alimento a Suministrar. Se ha reportado, que la determinación de la cantidad de alimento a suministrar (en lo sucesivo CAS), se basa en el conocimiento de los requerimientos nutricionales específicas de los organismos. Storebakken y Austreng (1987b) menciona, que existe un "nivel óptimo de alimentación" y señala que para su determinación es necesario

considerar el tipo de alimento, estrategias de alimentación, sistema de cultivo, reservorio, calidad de agua, contenido de oxígeno, temperatura, composición de la dieta etc., e indica que este nivel óptimo de alimentación no es estático. Esto es particularmente importante, porque gran cantidad de los métodos que comunmente se emplean, consideran valores estáticos de alimentación.

Dentro de estos métodos encontramos la determinación de la CAS mediante tablas de alimentación. Para la mayoría de las especies actualmente cultivadas (tilapia, carpa, bagre etc.), se encuentra un esquema de alimentación predeterminado por medio de tablas. Dichas tablas, establecen el porcentaje en peso corporal a que se debe alimentar una población de peces con un tamaño (en cm) y una temperatura específica, o en algunas otras con un peso (en gr) y una temperatura dados. En éstas se observa, que para determinado tamaño de organismo la cantidad aumenta conforme asciende la temperatura, y para una determinada temperatura el porcentaje decrece al aumentar el tamaño del organismo.

En este sentido conviene señalar, que si bien es cierto que la temperatura y el tamaño del organismo son factores que participan en la determinación de la CAS, también es verdad que no son los únicos factores que participan en este proceso, ya que como se mencionó anteriormente, la CAS está en función de

la interrelación de una serie de factores que fluctúan en tiempo y en espacio.

Deuel et al. (1952), propone unas tablas de alimentación para la trucha. Sin embargo, Phillips (1970) y Austreng et al. (1986) mencionan, que las tablas tradicionalmente utilizadas para salmónidos e incluso para otras especies, carecen de utilidad si se tratan de emplear en otros cultivos diferentes al original. La justificación a esta consideración, se basa en el hecho de que cada tabla, única y exclusivamente puede ser empleada bajo las mismas condiciones de cultivo, y con el mismo tipo de alimento. De tal forma, que si se modifica cualquiera de estas dos variables, las tablas no son útiles. Más aún, se ha observado que las tablas propuestas para las diferentes especies (e incluso para una misma especie) varían de acuerdo al autor, ya que presentan diferentes rangos de temperatura, así como diferentes intervalos de peso o longitud (Cuadro III). Esto ocasiona un grave problema, primero porque dependiendo de la tabla que utilizemos será el porcentaje de alimento a suministrar, y segundo, porque estas tablas no se ajustan a la realidad de cada sistema.

Como vemos, el empleo de tablas de alimentación como método para suministrar alimento tiene muchas desventajas, sin embargo, estas podrán ser utilizadas siempre y cuando sean elaboradas y empleadas para el mismo sistema de cultivo.



CUADRO III COMPARACION DE TABLAS DE ALIMENTACION QUE PROPONEN DIFERENTES AUTORES; SE SEÑALAN LOS RANGOS QUE PROPONE CADA AUTOR DE TALLA, PESO Y TEMPERATURA. SE COMPARA EL PORCENTAJE DE ALIMENTO CON UNA TEMPERATURA ESPECIFICA

	TEMPERATURA °C	TALLA DEL ORGANISMO CM	PESO DEL ORGANISMO GR	% DE BION, A ALIM. DIARIO	FUENTE
Rango espec.	2 a 21	1 a 25 +	0.170/—		Bardach et-al
Ejea.	8	1 a 2.3 2.5 a 5.0		4.1 3.4	
Rango espec.	4 a 30		0 a 1000 +		Tacon, A. 1965
Ejea.	8		0 a 0.5	2.8	
Rango espec.	6 a 25		0.38 a 500 +		N.R.C. 1961
Ejea.	8		0.38 0.77	3.7 2.6	
Rango espec.	2 a 25	2.5 a 25	0.2 a 360		
Ejea.	8		0.184 0.621	6.7 5.5	Deuel et-al 1952
Rango espec.	2 a 20	2.5 a 25			Leitritz y Lewis 1976
Ejea.	8	2.5		4.3	
Rango espec.	2 a 15	5 a 32.5	1.44 a 512		Klontz, G. W. 1979
Ejea.	8	2.5		Factor 0.02 lb	

Por otra parte, otro método para determinar la CAS, es mediante un porcentaje predeterminado. Este método considera un porcentaje de alimento predeterminado a suministrar para cada uno de los siguientes estanzas: Cría 5% del peso diario, juveniles 3 % y adulto 1%.

Como vemos, únicamente se establece un porcentaje sin hacer ninguna consideración adicional, por lo que el margen de error es muy grande al no adecuarse a las características de la población y del sistema.

Otro método que generalmente se emplea, es el de suministro de alimento a saciedad. Este tipo o forma de alimentación conocida también como "Alimentación *ad libitum*", se basa en el suministro de alimento a saciedad, es decir, hasta que el organismo voluntariamente deja de consumirlo (82).

Dentro de las bondades que presenta este esquema se encuentra el hecho de que si no se conoce cual es la biomasa presente por unidad de tiempo, de cualquier forma los organismos nunca estarán subalimentados, porque se adiciona el alimento a saciedad. Pero paradójicamente como desventaja, se puede presentar por un lado, una sobrealimentación (gordura) y, por otro, una gran cantidad de materia orgánica y productos metabólicos, que al analizarse desde el punto de vista económico se traduce en pérdidas que afectan los costos de

producción del sistema, y la calidad de los organismos. Es importante aclarar, que esto se acrecentará más de acuerdo a la forma de alimentación (alimentadores de demanda, abofo etc) que emplea cada sistema.

Aquí es importante considerar los hábitos alimenticios de las especies, ya que es en función de estos y del tiempo de adición que se dará la cantidad de alimento que requiere el organismo en ese momento. Brett (1971) menciona en este sentido, que el tiempo base para determinar la saciedad de los organismos es de 15 minutos, sin embargo, existen organismos como la tilapia y la carpa, que requieren de más tiempo para la captación del alimento dados sus hábitos alimenticios.

Otra forma de estimar la CAS, es mediante métodos numéricos; Dentro de éstos, los más generalizados son los propuestos por Haskell (1959) y el de Willoughby (1968). El primero, describió un método para calcular los niveles de alimentación para la trucha, basado en el factor de conversión de alimento y el incremento diario en longitud del organismo. La ecuación que describe es la siguiente:

$$\text{Porcentaje de peso por día} = \frac{(b \times Li \times 100 \times FCA)}{Li + (T \times \Delta L)}$$

donde:

- b = Pendiente de regresión peso/longitud
- $L_i$  = Longitud inicial
- FCA = Factor de conversión de alimento
- t = Tiempo
- $\Delta L$  = Incremento en longitud

Para obtener el incremento en longitud es necesario ocurrir a la siguiente fórmula.

$$\Delta L = \frac{\text{Longitud final} - \text{Longitud inicial}}{\text{Tiempo}}$$

Mediante este método, es posible determinar la cantidad de alimento diaria y el incremento en longitud en cualquier fecha dentro del periodo citado.

Es importante señalar, que los periodos de incremento en longitud o los periodos de proyección del CAS mediante este método no debe exceder de 30 días, debido a que los incrementos en longitud no siguen una proyección rectilínea (3,43,58,59,80).

Por su parte Willoughby (1968), propone un método en el cual la CAS es calculada a partir de la relación entre el oxígeno disuelto del agua, flujo de agua y los gramos de oxígeno requeridos para metabolizar una cantidad de alimento. Este método no considera la biomasa, temperatura y talla de los organismos.

$$\text{Alimento por día} = \frac{(Oa - Ob) \times 0.0545 \times \text{gpm}}{100 \text{ gr.}}$$

donde:

$Oa$  = [Oxígeno] a la entrada del estanque

$Ob$  = [oxígeno] a la salida del estanque

$0.0545$  = Toneladas métricas en 1 gpm para un periodo de 24 horas.

$\text{gpm}$  = Galones por minuto

$100$  = Gramos de oxígeno para metabolizar 1200 calorías, (1 libra)

Otra forma que nos permite determinar la CAS, es mediante el Factor de Conversión de Alimento (en lo sucesivo FCA), el cual se define como:

$$\text{FCA} = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{Incremento en peso poblacional}}$$

Y nos indica, la cantidad de alimento requerido para incrementar una unidad en peso de la población (generalmente se expresa en kg);, esto es, la cantidad de alimento necesario en kg para incrementar un kg. del peso poblacional (26,41,46).

Hay que aclarar, que la cantidad de alimento a la que se hace referencia en la ecuación de FCA, es la total suministrada y no la que exclusivamente se utiliza para crecimiento (eficiencia bruta). Esto significa que en la determinación del FCA, se esta incluyendo al FP, F, V, R y D, los cuales como observamos

en la Fig. 11, vienen a ser los diferentes caminos que toma la energía proveniente del alimento suministrado.

Ahora bien, conviene señalar que no es el FCA por sí mismo lo que nos permitirá determinar la CAS, sino más bien, la interrelación del crecimiento, la mortalidad, la biomasa y el efecto de los alimentos para cada unidad de tiempo y para cada población. Esto es, que para suministrar la cantidad de alimento que demanda la población por unidad de tiempo, se deben considerar los efectos de la temperatura y la alimentación sobre la tasa de crecimiento, los efectos que produce la mortalidad en la biomasa al decrecer el número de organismos, así como también la relación de los incrementos en peso que sufre la población con las variaciones de FCA dadas por los efectos de dichos incrementos.

De acuerdo con esto podemos entender, que el FCA no puede considerarse como un valor estático, sino más bien dinámico.

Por último Kuri-Nivon (1980b) señala, que el FCA nos permitirá observar como se manifiestan los efectos de los alimentos en la población, en cuanto a eficiencia, si se hace una regresión lineal entre el FCA y el peso promedio poblacional. Esto es importante, porque mediante estos análisis se podrán generar estrategias de alimentación que permitirán tener un mejor aprovechamiento de los alimentos, y una reducción de los costos

sin tener que sacrificar la calidad de los mismos.

2.1.2.3.2 Evaluación de los alimentos. En los sistemas de producción es importante evaluar los alimentos, ya que los incrementos o decrementos de biomasa dependen en gran medida de las fluctuaciones poblacionales que se producen por efecto y calidad de estos.

Para fines de producción, resultaría inoperante evaluar los alimentos a partir de sus características nutricionales, ya que al acuicultor no le basta tener un alimento con excelente contenido nutricional, sino le interesa saber con que alimento obtendrá mayores rentabilidades o beneficios, y de la misma forma le interesa conocer como puede optimizar el manejo de sus alimentos. Esto es, como generar una estrategia que le permita producir por un lado, organismos de buena calidad, y por otro minimizar los costos de producción. De acuerdo con esto, si lo que requiere es determinar la magnitud de las respuestas que tiene los animales hacia un alimento, y los costos por unidad de incremento, ocurriremos a los métodos de evaluación de carácter biológico-comercial, que son aquellos que analizan tanto los efectos de los alimentos a nivel poblacional, como las implicaciones que tienen con el sistema y los costos de producción.

En el rubro anterior se trataron aspectos referentes al primer

punto, por lo que ahora nos abocaremos al segundo, es decir, a la evaluación desde el punto de vista económico.

En este sentido y tomando como referencia a los anterior, para que un productor utilice alimentos de bajo precio y alta calidad deberá analizar la relación entre los efectos de los alimentos sobre los incrementos poblacionales y el precio del alimento. Esto con el objeto, de poder determinar los rendimientos poblacionales en función del costo de los alimentos.

Un indicador que nos permitirá conocer el costo de los alimentos por unidad de incremento de biomasa, es el Factor de Conversión Económico (en lo sucesivo FCA<sub>E</sub>) (52). El cual se define matemáticamente de la siguiente forma:

$$FCA = a_E + b_E (\bar{W})$$

donde:

FCA<sub>E</sub> = Factor de conversión económico

$\bar{W}$  = Peso promedio

$a_E$  y  $b_E$  = Constantes de regresión.

Este FCA<sub>E</sub> por su naturaleza, nos permite seleccionar estrategias en las que participan uno o más alimentos, dado que relaciona la calidad del alimento y los costos por incremento



poblacional. De aquí que, el empleo de este indicador coadyubará a optimizar el rendimiento económico del sistema productivo.

Medina-García (1982b) en este sentido señala, que en el manejo de un sistema productivo, se debe de considerar de manera concomitante la velocidad de obtención de dichos incrementos y sus costos de operación, la tasa de crecimiento y su relación con otro tipo de incidencias poblacionales, los costos adicionales al manejo de los alimentos como almacenamiento, transporte etc., así como todo el conjunto de factores que determinan la calidad del alimento.

2.1.2.4 Factor de condición. Brown (1946, 1957) menciona, que el valor dado por el factor de condición expresa el grado de gordura o robustez de un organismo. Este factor se emplea para comparar tanto los individuos de una misma población, como las diferentes poblaciones de un sistema productivo (28,46,56). Este también puede ser aplicado en la selección de reproductores, en la evaluación de alimentos y en el manejo de poblaciones (40,42,49,50,53).

El factor de condición puede ser determinado mediante diferentes métodos. Entre los más comunes se encuentran los siguientes:

- Factor de condición de Fulton (1914). Factor de condición

surge a partir de la siguiente consideración: la relación peso-longitud varía de acuerdo a la talla o estanza, por la cual atravieza el organismo; dicha relación se expresa mediante una potencial:

$$\text{Peso} = a \times \text{Longitud}^b$$

Fulton (1914). obtiene el factor de condición (en lo sucesivo K) del despeje de esta relación potencial, dando como resultado que el valor de "K" sea igual a la ordenada en el origen de la regresión, de modo que:

$$K = \frac{\text{Peso}}{\text{Long}^3}$$

donde la constante 3, es un valor redondeado de la pendiente. Al respecto Ricker (1975) y Pauly (1984) hablan de isometricidad y alometricidad, diciendo que los organismos isométricos, son precisamente aquellos cuya pendiente de regresión está ligeramente alrededor de 3, y los alométricos son aquellos cuyo valor de "b" difiere de 3. Ricker (1975) señala con respecto a la ecuación, que es más exacto que se maneje el valor real de la pendiente de regresión mencionada, quedando la siguiente relación:

$$K = \frac{\text{Peso}}{\text{Long}^b}$$

Otra forma de estimar este factor de condición, es mediante el

método propuesto por Le Cren (1951). Este autor le denomina al "X" Coeficiente de condición relativo, y le atribuye este adjetivo, porque señala que la condición varía de acuerdo a la especie o estanza por la que atraviesa el organismo. Este, introduce una modificación a la relación anterior, ya que incorpora el valor de la ordenada a la fórmula integral, quedando:

$$X = \frac{\text{Peso}}{a \times \text{Long}^b}$$

Otra forma de determinar este Factor de Condición, es la propuesta por Medina-García (1976). Este autor señala, que el crecimiento no sólo se refleja en el incremento de la longitud o peso, sino también en las otras dimensiones del organismo tales como la altura. Con base en esto propone el Factor de Condición Múltiple (en lo sucesivo KM), que es una modificación del Factor de condición de Le Green. Esta modificación está dada, porque introduce en su fórmula a la altura, de modo que el KM queda entonces como una relación potencial entre el peso (W), la longitud (L) y la altura (A), quedando:

$$KM = \frac{W}{a \times L^b \times A^c}$$

donde b y c son constantes de la regresión múltiple W/L/A. Es importante considerar los valores regresionales mencionados, para de aquí poder entender como se manifiestan los incrementos

en peso de los organismos; cuando la pendiente de regresión  $W/L = 3$ , tendremos que los incrementos en peso serán proporcionales al incremento en longitud, esto es, que los organismos pequeños serán proporcionalmente igual de pesados que los organismos grandes; pero si el valor de la pendiente es mayor de 3, los organismos mayores serán proporcionalmente más pesados que los menores, y lo contrario sucedería si el valor es menor de 3. De esto se desprende que la relación del KM no pueda considerarse como estática, ya que se relaciona con el crecimiento de los organismos. Medina García (1980, 1983) en este sentido señala, que el KM va a ser diferente en los niveles individual especie y población.

### III.- DINAMICA DE LA BIOMASA

En un sistema de cultivo intensivo con fines comerciales, es de vital importancia mantener constante la apertura del mercado; por lo cual es indispensable sostener un ritmo de producción a través de un ciclo anual.

Esto podrá lograrse de manera eficiente, en la medida en que el productor conozca el estado de las poblaciones sujetas a cultivo, y particularmente el comportamiento y composición de la biomasa, es decir, la dinámica dentro de la cual esta se encuentra inmersa respecto a los elementos, factores o parámetros que la modifican y que a su vez confoman el sistema productivo.

La dinámica de la biomasa, es el proceso por el cual ésta se ve modificada por acción directa de factores tales como técnicas de alimentación, temperatura, parámetros poblacionales, estrategias de siembra, estrategias de cosecha y capacidad operativa de la granja. En este sentido cabe recordar, que el término biomasa hace referencia al peso total de la población para cada unidad de tiempo, y que puede ser determinado a través del producto del número de animales ( $Nt$ ) por su peso promedio ( $\bar{Y}$ ) (1). Esto adquiere singular relieve, porque los valores puntuales de biomasa que se obtengan, serán determinantes en la generación de estrategias de producción.

A este respecto conviene señalar, que para que el productor alcance su objetivo, debe contemplar de manera concomitante en la generación de estrategias de producción, la posibilidad de optimizar todos los recursos con los que cuenta la granja, para de esta forma maximizar su potencial productivo.

Esto evidentemente resulta un tanto problemático, porque en un sistema donde participan gran cantidad de variables como lo es una granja acuícola, tanto la producción de organismos como la optimización de los recursos, va a depender de una multiplicidad de factores, que irán en aumento en la medida en que los sistemas incrementen su complejidad en cuanto a intensidad de cultivo, tipo de sistema, especie etc. Así, en los sistemas que contemplan la siembra de una sola camada por ciclo productivo, entendiéndose por camada, el número de organismos introducidos al sistema que tienen en común la misma fecha de siembra y características similares de talla y dispersión, tendrán tanto una subutilización del sistema al inicio de la siembra como una discontinuidad en la producción.

Esto es explicable, si partimos de que la biomasa máxima que puede soportar un sistema en un ciclo productivo, esta sujeta a las condiciones que determina la capacidad de carga, la cual esta en función de la dinámica entre los requerimientos de agua, biomasa y disponibilidad de flujo de agua.

Teniendo esto presente, es importante señalar, que la biomasa no debe exceder en ningún momento los niveles de C.C., ya que esto puede provocar un incremento súbito en la tasa de mortalidad. Sin embargo cabe mencionar, que en el periodo de transición en el que se rebasa esta C.C. se presenta una disminución en la tasa de crecimiento, como consecuencia de una alteración metabólica en cuanto a la demanda y consumo de oxígeno; este problema se presenta, porque cuando la biomasa puntual es mayor que la que el sistema puede soportar demanda más oxígeno del que tiene disponible, lo cual ocasiona que la tasa de crecimiento disminuya, debido a que la concentración de oxígeno del medio no satisface las necesidades metabólicas de los organismos.

Para evitar esta situación, el productor deberá seleccionar una estrategia de siembra en la cual no sobrepase en ningún momento la C.C. del sistema, esto es, que los requerimientos de agua de la biomasa por unidad de tiempo no sean mayores que la disponibilidad de flujo presente en ese tiempo. Para lograr esto, es imprescindible que conozca cual es la disponibilidad integral de flujo, así como los reusos que puede tener esta tanto para los meses críticos (temporada de secas), como para los meses normales. Esto con el objeto de que las biomásas se ajusten en cada tiempo a los flujos disponibles.

En este sentido es importante señalar, que así como la biomasa

no debe ser mayor que la C.C., tampoco ésta debe estar muy por debajo de dicha capacidad, porque si fuera este el caso, se estaría subutilizando el sistema.

En el Cuadro IV podemos observar con mayor claridad este proceso, el que ha sido representado utilizando datos emanados tanto de un programa de simulación, como de una granja de producción en canales de corriente rápida de trucha arcoiris; especie y sistema que en lo sucesivo, se tomará para ejemplificar el proceso de dinámica de la biomasa.

Considerando lo anterior, analizaremos mediante una simulación primero, la dinámica de la biomasa en un sistema que contempla la siembra de una sola camada por ciclo productivo, y posteriormente este mismo proceso en un sistema donde se realizan varias siembras por ciclo productivo.

Con relación al primero, se ha observado que cuando un productor inicia su ciclo productivo con la siembra de una camada, se presenta una subutilización al inicio de esta, debido a que los requerimientos de agua de la biomasa inicial están muy por debajo de la disponibilidad de flujo presente. Sin embargo, conforme la biomasa se va incrementando, el flujo disponible se va equiparando con el requerido, de tal forma, que la cantidad de agua desperdiciada se va reduciendo. Esto es claro, si acudimos al Cuadro IV estrategia A, donde esta



representado el comportamiento de una camada de cien mil organismos sembrados en el mes de enero, y a la Fig. 13, que nos representa el comportamiento de la biomasa y los flujos disponibles y requeridos para este caso.

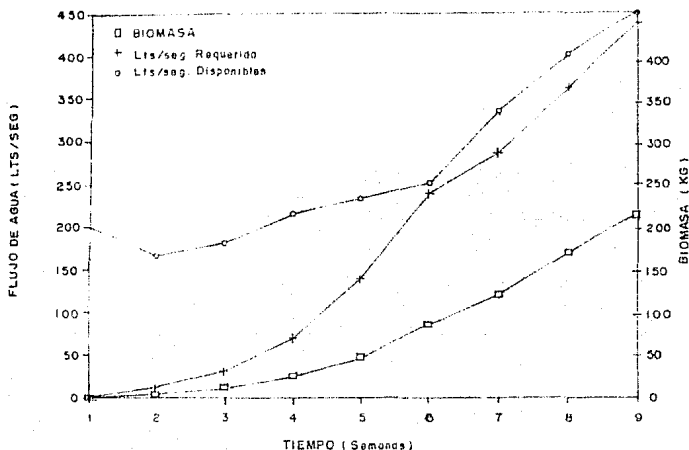


Fig. 13. COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA, FLUJOS REQUERIDOS Y DISPONIBLES DE UNA CAMADA DE 100,000 ORGANISMOS, LA CUAL NO REBASA LA C.C. DEL SISTEMA.

Ahora bien, si dentro de esta estrategia el productor establece como talla de cosecha los 300 grs, lograría entonces, una cosecha global en un lapso de nueve meses; lo cual le permitiría plantear una nueva siembra de cien mil organismos para el mes de octubre (estrategia B)

En esta estrategia se observa, que como consecuencia de los altos flujos disponibles que se presentan por efecto de las lluvias producidas a finales de verano, y los bajos requerimientos de agua de las biomazas iniciales, la cantidad de agua desperdiciada en el mes de siembra es de una gran magnitud. Contrario a esto, se puede apreciar en esta misma estrategia, que durante los meses que van de abril a julio, los requerimientos de agua de las biomazas presentes sobrepasan el flujo disponible (Fig. 14). Esta situación se origina básicamente, por la disminución del flujo disponible provocado por la época de secas y en contraparte, por el incremento de la biomasa que demanda mayor cantidad de agua en esos meses.

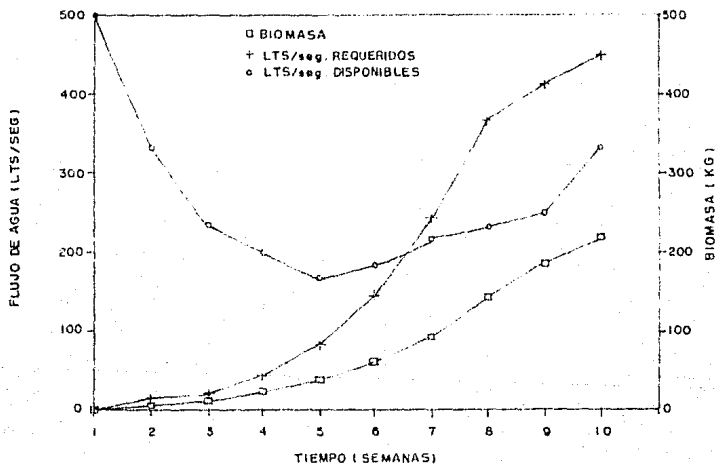


Fig.14. COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA, FLUJOS REQUERIDOS Y DISPONIBLES PARA UNA CAMADA DE 100.000 ORGANISMOS, LA CUAL SOBREPASA LA C.C. DEL SISTEMA.

CUADRO IV ESTRATEGIAS DE SIEMBRA QUE NOS MUESTRAN LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SISTEMA; EN CADA SIEMBRA SE INTRODUCEN CIENTO MIL ORGANISMOS

ESTRATEG. A

TEMP. OC	TIEMPO MESES	PESO GR.	BIOMASA KG.X10 <sup>2</sup>	LTS/SEG REQUER.	LTS/SEG DISPON.	LTS/SEG DIFEREN.
12.1	Ene.	0.95	0.95	3	200	197
13.1	Feb.	6	47.6	11	166	155
14.6	Mar.	15.1	11.09	31	183	152
16.2	Abr.	22.3	25.15	49	216	147
16.7	May.	61.1	36.61	142	233	91
15.5	Jun.	113.1	85.15	230	250	12
14.9	Jul.	161.7	120.31	265	333	46
14.9	Agost.	231.1	168.90	360	400	40
14.9	Oct.	294.2	212.47	437	430	13
				1576	2647	•655

ESTRATEGIA B

TEMP. OC	TIEMPO MESES	PESO GR.	BIOMASA KG.X10 <sup>2</sup>	LTS/SEG REQUER.	LTS/SEG DISPON.	LTS/SEG DIFEREN.
14.6	Oct.	0.95	0.95	5	500	495
13.5	Nov.	6.1	48.2	15	333	318
11.7	Dic.	13.5	10.67	21	233	212
12.1	Ene.	29.1	22.6	43	200	157
13.1	Feb.	49.1	37.68	83	166	83
14.6	Mar.	79.7	60.3	140	183	43
16.2	Abr.	123.6	92.25	243	216	FALTA
16.7	May.	194.6	142.74	368	233	FALTA
15.5	Jun.	156.6	185.67	412	250	FALTA
14.9	Jul.	196.8	218.91	448	333	FALTA
				1778	2647	•1308

ESTRATEG. C

TEMP. OC	TIEMPO MESES	PESO GR.	BIOMASA KG.X10 <sup>2</sup>	LTS/SEG REQUER.	LTS/SEG DISPON.	LTS/SEG DIFEREN.
14.6	Oct.	0.95	0.57	2.46	500	497.54
13.5	Nov.	6.1	29.2	9	333	324
11.7	Dic.	13.5	64.7	13	233	220
12.1	Ene.	29.1	13.76	26	200	174
13.1	Feb.	49.1	22.86	50	166	116
14.6	Mar.	79.7	36.59	88	183	95
16.2	Abr.	123.6	53.97	147	216	69
16.7	May.	194.6	86.61	223	233	10
15.5	Jun.	256.6	112.66	249	250	1
14.9	Jul.	296.8	132.83	271	333	62
				1078.46	2647	•1568.54

• DESPERDICIO TOTAL

Con esto podemos ver, que esta estrategia no puede ser aplicada, ya que como ha sido mencionado en el contexto del trabajo, si la C.C. se rebasa provocará un detrimento en la población.

De esta forma, si el productor quiere sembrar en este mismo mes para continuar así con el ciclo de producción, debe considerar una estrategia en la cual la biomasa del número de organismos sembrados, no demande en ningún momento más flujo del que tiene disponible. Para tal caso, se presenta la estrategia C, en la cual se hace una siembra de 60421 organismos, con el objeto de que las biomásas instantáneas en cada tiempo satisfagan sus requerimientos de agua, sin que estos rebasen la cantidad de flujo disponible (Fig. 19)

Analizando de manera integral y desde el punto de vista pragmático las tres estrategias anteriores, tenemos lo siguiente:

La estrategia B no puede ponerse en práctica, debido a que en los últimos cuatro meses se sobrepasa considerablemente la C.C. Sin embargo, si comparamos esta estrategia con la A y la C, veremos que en la B el flujo desperdiciado es mayor que en la A, pero menor que en la C, donde aún cuando los requerimientos de flujo son satisfechos, la cantidad de agua desperdiciada es de casi un 100% más alto que en la primera

estrategia (A).

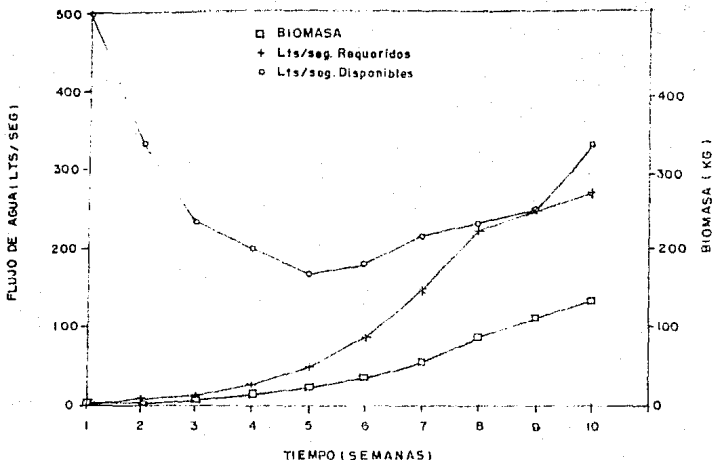


Fig. 15 COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA, FLUJOS REQUERIDOS Y DISPONIBLES EN UNA CAMADA DE 60421 ORGANISMOS, LA CUAL NO SOBREPASA LA C.C. DEL SISTEMA.

Por otra parte, en cuanto al tiempo en que los organismos alcanzan la talla de cosecha (300 grs), tenemos que en la estrategia C que es operativa, este tiempo es más prolongado (10 meses) que en la estrategia A, por el efecto que tiene la temperatura sobre la tasa metabólica; en este caso, se incrementa un mes más, porque el desarrollo de la camada abarca meses donde la temperatura es baja, lo cual significa una disminución en la tasa de crecimiento.

En este sentido, cuando se presentan temperaturas altas (temporada de secas) la biomasa por lo general requiere de una cantidad mayor de flujo de agua, de la que demanda en los meses donde el efecto de la temperatura no es tan severo, debido a que bajo estas condiciones se acelera la tasa metabólica y se requiere de una mayor cantidad de oxígeno. Esto independientemente de cual sea la magnitud de la biomasa. Así pues, en la estrategia A podemos observar, que en el mes de mayo se presenta la temperatura más alta que contempla esa estrategia (16.7 °C), en la cual la biomasa (4681 Kg) requiere 142 lts/seg que es aproximadamente la misma cantidad de flujo de agua (140 lts/seg), que requiere una mayor biomasa de la estrategia B (6030 Kg), a una temperatura de 14.6 °C. Esto significa, que no necesariamente cuando se tiene una biomasa mayor, el flujo de agua requerido por ésta deba ser más alto, ya que la cantidad de agua demandada por la biomasa va a depender de las condiciones específicas de temperatura. También es importante no olvidar, la relación existente entre la talla de los organismos y la tasa metabólica, ya que aun cuando se tenga una misma temperatura y biomasa similares, si las tallas son diferentes los requerimientos de flujo serán totalmente disímiles. Tal es el caso del mes de julio de la estrategia A, contra el mismo mes pero en la estrategia C; en estas se observa, que a temperaturas iguales (14.9 °C) y biomasa similares 12031 kg y 13283 Kg respectivamente, los requerimientos de agua para la primera serán de 285 lts/seg a

una talla de 161.7 grs, y para la segunda de 271 lts/seg a una talla de 296.8 grs.

Como vemos, para poder determinar una estrategia de siembra, es importante que consideremos el efecto de la temperatura sobre la demanda de flujo de agua, en cualquier tiempo posterior a la fecha de siembra; la disponibilidad integral de flujo; el efecto de la temperatura sobre el metabolismo de los organismos sujetos a cultivo; la relación entre la talla y la tasa metabólica; la época de siembra, la talla de los organismos y el número de estos.

Por otra parte, un aspecto importante que debe considerarse en este tipo de estrategia (siembra de una camada), es que la producción que se genera no es continua durante todo el ciclo productivo, ya que da como resultado una única cosecha. Esto trae como consecuencia, periodos largos en los que la granja carece de producto para la venta, lo que le impide en gran medida el sostenimiento de un mercado.

Este problema se agudiza aún más, porque la siembra de los organismos y la cosecha de estos está supeditada a varios factores tales como: disponibilidad de aionomorfos, efectos de la temperatura y dispersión de tallas.

Se ha observado de manera general, que la disponibilidad de

alnomorfos responde a patrones aleatorios, lo cual repercute directamente tanto en los tiempos de siembra como en las tallas tiempos de cosecha, así como también en las posibilidades de comercialización, ya que al no disponerse de una camada con características específicas de talla, dispersión y número de organismos en el tiempo requerido o plantado, la siembra que se realice en cualquier otro tiempo diferente al proyectado inicialmente, se verá afectado por que ésta ya no se ajustará a las características que tiene el sistema en cualquier otro momento, tal y como se analizó.

Por lo que respecta a la dispersión de tallas, es un factor que hasta el momento no ha sido considerado dentro de las estrategias de producción, pese a ser uno de los principales factores que repercuten en los tiempos de cosecha y total de biomasa producido.

La dispersión de talla como se acotó, es la variación que se tienen en una camada a partir de la talla promedio, es decir, lo que conocemos como desviación standard.

En una camada dependiendo de qué tan grande sea esta desviación, se podrá dividir la biomasa en tantas fracciones como el productor establezca o requiera, por ejemplo, si la talla promedio de una siembra fuera de 4 cm y la desviación del 3%, considerando cien mil organismos iniciales, podríamos



fraccionar a la población en tres marcas de clase, ya que la dispersión es muy pequeña. De tal forma que tendríamos en el tiempo inicial:

Número de organismos	Talla	Marca de clase
33.333	4.12	3
33.333	4.00	2
33.333	3.88	1

Ahora bien, si la dispersión es más alta, la biomasa puede fraccionarse en un número mayor de marcas de clase, lo que permite tener una apreciación más fina tanto del comportamiento de la biomasa, como de sus requerimientos.

Es claro, que aun cuando la dispersión inicial (momento de siembra) sea baja, ésta se irá incrementando por la acción de las tasas de crecimiento individuales relacionadas en gran medida a factores genéticos, medioambientales (temperatura principalmente) y de manejo de alimentos básicamente. De este modo, una población que inicia con una dispersión baja puede modificarse drásticamente, por lo que será necesario hacer una separación de tallas, y un análisis del comportamiento de cada fracción.

La dispersión de tallas por su naturaleza provoca, que dentro de una misma camada la fracción de la población que tiene la talla más grande, alcance la talla de cosecha en un intervalo

de tiempo más corto que las fracciones de tallas más pequeñas dentro de la misma camada (Fig.16).

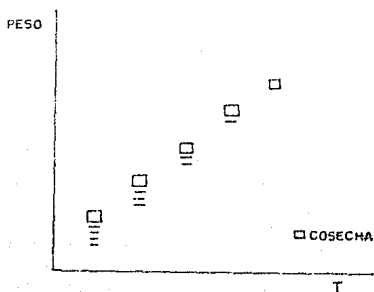


Fig.16 DISPERSION DE TALLAS EN UNA CAMADA QUE TIENE 5 MARCAS DE CLASE.

En el caso donde se presenta una camada con una dispersión de tallas grande, la totalidad de los organismos alcanzarán en un tiempo más largo la talla de cosecha, y la cantidad de biomasa producida se verá reducida por efecto de la mortalidad. En cuanto al lapso de tiempo que dure la cosecha, éste se verá incrementado considerablemente; en la Fig. 17 se maneja cinco marcas de clase y se observa, que cuando tenemos una mayor dispersión, los tiempos de cosecha ocupan un lapso de cuatro semanas, de la 12 a la 16. En el caso de las siembras que contemplan una dispersión de tallas menor, tendremos que la totalidad de los organismos llegarán a la talla de cosecha en un tiempo más corto, y la biomasa producida será mayor que en

la dispersión más alta. Por su parte, los tiempos de cosecha se concentrarán en un intervalo de tiempo más corto, lo cual debe ser considerado en los estimados de capacidad de carga, ya que se tienen biomazas muy altas en intervalos de tiempos cortos.

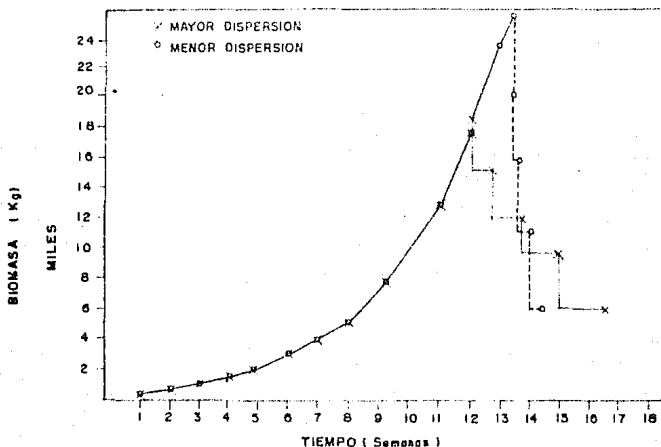


Fig. 17. EFECTO DE LA DISPERSION DE TALLAS EN 2 CAMADAS CON 5 MARCAS DE CLASE CADA UNA.

Si acudimos al Cuadro V que corresponde a la Fig. 17 veremos, que en la estrategia que tiene menor dispersión el intervalo de tiempo en el cual se cosechan las cinco marcas de clase, es de 2.31 semanas menor que la estrategia que contempla una dispersión mayor. Esto resulta relevante, porque el grado de

CUADRO V EFECTO DE LA DISPERSION DE TALLAS SOBRE EL TIEMPO Y EL TOTAL DE BIOMASA PRODUCIDO

TIEMPO SEMANAS	BIOMASA KG MENOR DISPERS.	TIEMPO SEMANAS	BIOMASA KG. MAYOR DISPERS.
1	674.93	1	674.93
2	911.06	2	911.06
3	1229.8	3	1229.8
4	1660.06	4	1660.06
5	2240.84	5	2240.84
6	3024.82	6	3024.82
7	4083.08	7	4083.08
8	5511.59	8	5511.59
9	7439.87	9	7439.87
10	10042.77	10	10042.77
11	13356.32	11	13356.32
12	18299.12	12	18299.12
13	24701.22	12.08	18745.32
13.04	24999.56	12.77	15681.6
13.33	20726.77	13.65	12604.32
13.56	16206.69	14.04	9431
14	11334.91	15.77	6000
14.30	6000		

o 92633.556                      o 880761.36

COSECHA MARCAS DE CLASE  
 TOTAL DE BIOMASA COSECHADA

dispersión nos estará determinando la posibilidad de ampliar o reducir el periodo de cosecha y la magnitud de la misma; la cual también estará dada en función del número de organismos, temperatura, alimentación y talla a la que se quiera cosechar.

En este sentido es menester señalar, que un aspecto importante asociado al manejo de poblaciones lo da la estrategia de cosecha, la cual debe contemplar la posibilidad de mantener durante el proceso productivo una cosecha constante, a través de la interrelación de los parámetros poblacionales, las estrategias de siembra, capacidad de carga y manejo de alimentos.

Los elementos que debe considerar una estrategia de cosecha son: la talla a la que los organismos se quieren cosechar, la talla y época de siembra, dispersión de tallas y la magnitud de la cosecha.

Al examinar como participa la talla de cosecha en esta dinámica, tenemos que ésta modifica tanto la estructura temporal de la población como el potencial productivo del sistema; la acción de reducir una fracción de biomasa de la camada a una talla dada, repercutirá en la magnitud de las biomazas subsecuentes, en la magnitud de la cosecha total y en la capacidad de carga del sistema. Respecto a la primera, cuando una fracción de biomasa ha alcanzado la talla de

cosecha, la biomasa total disminuye en un primer momento, pero posteriormente se va incrementando hasta el punto donde la siguiente fracción o marca de clase alcanza nuevamente la talla de cosecha, y así sucesivamente hasta que se coseche la totalidad de la población (Fig 18).

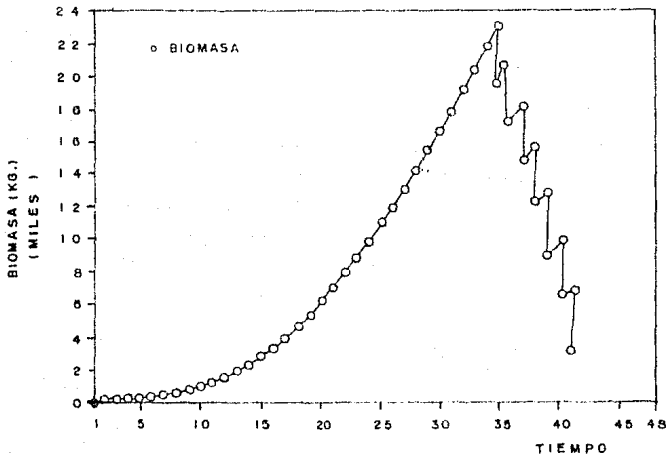


FIG-18 EFECTO DE LA COSECHA SOBRE LA BIOMASA DE UNA CAMADA.

Con relación a cómo repercute la talla de cosecha en la magnitud de ésta, se ha observado el siguiente comportamiento: cuando se cosecha a una talla menor de la máxima comercial o dentro de una talla establecida, la magnitud de la cosecha se ve reducida por efectos de la misma talla, caso contrario de

lo que sucede cuando se plantea cosechar a tallas mayores, donde la magnitud de la cosecha se incrementa.

Por último, para entender como repercute la talla de cosecha sobre la C.C. es importante que partamos de que el mismo flujo de agua soporta cargas diferentes en función de la talla del animal. Esto es claro si acudimos al Cuadro VI, en el cual podemos observar que si un productor sembrara una camada de 100 mil organismos, los cuales quisiera cosechar a los 300 grs, tendría que cuando estos alcanzan dicha talla la capacidad de carga del sistema no se ve rebasada (opción A). Pero si este productor decidiera cosechar esta misma camada a los 200 grs, tendría que su sistema se ve subutilizado, ya que aún cuando hay más organismos (73756) que en la opción anterior (73350), lo requerimientos de agua de la biomasa presente para ese (368 lts/seg) tiempo por efecto de la talla de cosecha, serían menores que en la estrategia donde se cosechan a 300 grs (448 lts/seg). En la opción C se muestra, que si este productor quisiera optimizar su flujo de agua y cosechar a los 200 grs, lo que tendría que hacer es incrementar el número de organismos de su camada, de tal forma que la biomasa producida por estos, no demande mas agua de la que tiene disponible. De esto se desprende, que dos camadas que difieren en número de organismos pueden tener la misma demanda de flujo de agua, si las biomazas que tienen son de magnitud similar.

CUADRO VI EFECTO DE LA TALLA DE COSECHA SOBRE LA CAPACIDAD DE CARGAR EN LA ESTRATEGIA REPRESENTADA EN ESTE CUADRO, SE PARTE DE UN No. INICIAL DE 100000 ORGS. PERO CUANDO SE ALCANZA LA BIOMASA MAXIMA, SE TIENEN 73350 ORGS, POR EFECTO DE LA MORTALIDAD.

OPCION	NUMERO DE ORGANISMOS	TALLA DE COSECHA	BION.TALLA DE COSECHA	LTS/SEG PEQUER.	LTS/SEG DISPON.	LTS/SEG DIFEREN.
A	73350	200	22005	448	450	2
B	73756	200	14751	368	450	82
C	110025	200	22005	448	450	2

Por otra parte, señalábamos que el número de variables que un productor debe considerar en su sistema, se incrementa conforme éste se hace más complejo; en el caso de los sistemas intensivos con canales de corriente rápida, donde el productor por lo general realiza diferentes siembras durante su ciclo productivo, debe tomar en cuenta todas las variables que se consideran en los sistemas que plantean una sola siembra, pero ahora para cada una de las siembras que realice. Empero cabe aclarar, que aun cuando el comportamiento de cada camada sea diferente, el productor deberá analizarlo en su conjunto y no de forma individual, esto es, como un programa de multisiembras, que bien pueden ser homogéneas o heterogéneas como se señaló anteriormente.



En estos sistemas donde se plantean estos programas, la toma de decisiones para generarlo, debe fundamentarse en una capacidad de carga a flujos específicos para cada reservorio y para cada tiempo. Esto es importante, porque dependiendo del tipo de estrategia de siembra, ya sea homogénea o heterogéneas el productor podrá o no optimizar el flujo disponible.

En el caso donde un productor realizara siembras homogéneas, tendría durante todo su ciclo productivo, que la disponibilidad de flujo, por lo general es mayor que los requerimientos de agua de las poblaciones sujetas a cultivo, debido a que en este tipo de siembras no se pretende ni optimizar el flujo ni incrementar la producción, sino más bien, pretende mantener a la unidad con un ritmo de producción constante y de la misma magnitud.

Para que un productor pueda realizar este tipo de siembras, debe conocer cuál es el comportamiento del flujo durante todo el año, para que en función de éste, determine las características de la estrategia que vaya a implementar, esto es, número de siembras, tamaño de esta, época de siembra, dispersión y talla de los organismos para cada camada. La importancia de conocer su flujo de agua se deriva, de que aun cuando el productor no pretenda optimizarlo, debe procurar que los requerimientos totales de agua de sus camadas, en ningún momento demanden más flujo del que tiene disponible, tal es el

caso de la estrategia que se presenta en el Cuadro VII, en la cual un productor plantea la siembra de 7 camadas con 15 mil organismos cada una (los ceros indican semanas en las que no hay organismos, los números más pequeños corresponden al inicio de la siembra); en esta se observa, que en cada una de las 52 semanas que tiene un año, los requerimientos totales de agua de sus camadas, que son el resultado de la suma de las demandas parciales de cada camada, pueden estar en algunos casos muy por debajo del flujo disponible, como en el caso de las semanas que van de la 31 a la 48; donde se observa, que el flujo disponible es más del doble del requerido (Fig. 19).

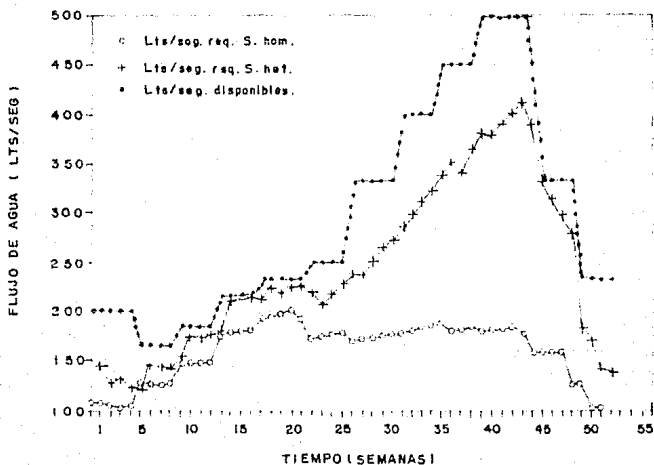


FIG.19.- COMPORTAMIENTO DE LOS FLUJOS TOTALES DE AGUA REQUERIDOS Y DISPONIBLES PARA SIEMBRAS HOMOGENEAS Y HETEROGENEAS.

## CUADRO VII

DATOS ACUMULADOS DE REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LTS/SEG POR CANADA POR SEMANA  
PARA UNA SIEMBRA DE TIPO HOMOGENEO (15 MIL ORGANISMOS POR CANADA)

TIEMPO SEMANAS	CANADA1	CANADA2	CANADA3	CANADA4	CANADA5	CANADA6	CANADA7	TOTALES	DISPON.	REMANENTE
1	0.6	0	28.95	36.6	25.05	13.05	3.9	108.15	200	92
2	0.75	0	23.4	37.95	26.25	14.1	4.5	106.95	200	93.05
3	1.05	0	17.55	39.45	27.6	15.15	5.1	105.9	200	95.9
4	1.35	0	11.65	40.8	28.8	16.2	5.85	104.65	200	96.84
5	1.65	0	5.7	42.3	30.15	17.25	6.45	103.5	200	96.5
6	2.7	0	0	55.05	39.75	23.1	6.45	127.05	166	39
7	3.3	0	0	48.6	41.55	24.75	9.15	127.35	166	39.35
8	3.9	0	0	42.15	43.5	26.25	10.2	126	166	40
9	4.65	0.6	0	35.55	45.45	27.9	12.45	126.6	166	40.6
10	6.6	1.05	0	33.75	50.8	34.35	16.35	148.5	183	35.5
11	7.8	1.5	0	25.65	58.5	37.35	18	148.8	183	35.8
12	9	2.1	0	17.25	61.2	39.75	19.95	149.25	183	33.75
13	10.35	2.7	0	8.55	63.9	42.15	21.75	149.4	183	33.4
14	13.95	4.2	0	0	78	57.35	28.95	176.55	216	40
15	16.05	5.4	0.9	0	69.6	55.8	30.75	178.5	216	38.5
16	18.15	6.75	1.35	0	61.05	59.25	33.45	180	216	36
17	20.55	8.1	2.1	0	51.9	62.7	36.45	181.8	216	37.1
18	24	10.35	3.15	0	44.4	69.45	41.4	192.75	233	40.25
19	26.85	12.15	4.2	0	33.9	73.35	44.7	195.15	233	38
20	29.7	14.25	5.4	0	22.8	77.4	48.15	197.7	233	35.3
21	32.55	16.35	6.75	0.9	11.4	81.3	51.6	200.85	233	33.85
22	35.7	18.75	8.4	1.5	0	72.75	55.2	192.3	233	40.7
23	34.5	18.75	8.85	1.95	0	56.85	52.5	173.4	250	76.5
24	37.2	20.85	10.35	2.7	0	48.3	55.5	174.9	250	75.1
25	39.9	23.1	12	3.6	0	39.3	58.65	176.55	250	73.45
26	42.75	25.5	13.8	4.5	0	29.85	61.8	178.2	250	71.8
27	43.05	26.25	14.7	5.25	0.75	18.9	61.35	170.25	333	160.75
28	45.75	28.5	16.5	6.45	1.2	9.45	64.2	172.05	333	162.95
29	48.45	30.75	18.3	7.65	1.65	0	67.2	174	333	159
30	51.15	33.15	20.25	9	2.25	0	59.7	175.5	333	157.2
31	54	35.55	22.35	10.35	3	0	52.2	177.45	333	155.55
32	56.85	38.1	24.45	11.85	3.9	0	44.25	179.4	400	220.6
33	59.7	40.65	26.55	13.5	4.8	0	36	181.2	400	218.8
34	62.55	43.35	28.8	15.15	5.85	0	27.3	183	400	217
35	65.55	46.05	31.2	16.95	7.05	0.75	18.3	185.85	400	214.15
36	68.55	48.75	33.6	18.9	8.25	1.2	9.15	188.4	450	261.6
37	60.9	51.45	36	20.85	9.75	1.65	0	180.6	450	269.4
38	53.25	54.3	38.55	22.8	11.1	2.25	0	182.25	450	267.75
39	45.15	57.15	41.1	25.05	12.75	3	0	184.2	450	265.8
40	35.55	50.35	42.45	26.4	13.95	3.75	0	180.45	500	319.55
41	27	61.05	45	28.5	15.6	4.65	0	181.8	500	318.2
42	18.15	63.9	47.55	30.75	17.25	5.7	0	183.3	500	316.7
43	9	66.75	50.25	33	19.2	6.75	0	184.95	500	315.05
44	0	59.25	52.95	35.4	21	7.95	0.75	177.3	500	322.7
45	0	46.2	49.65	33.75	20.55	8.1	0.9	159.15	333	173.85
46	0	39	51.9	35.7	22.05	9.3	1.35	159.3	333	173.7
47	0	31.65	54.15	37.65	23.85	10.35	1.8	159.45	333	173.55
48	0	23.85	56.4	39.75	25.5	11.7	2.25	160.45	333	172.55
49	0	11.4	56.7	39.55	19.35	9	1.95	127.95	233	105.05
50	0	5.55	58.05	30.75	20.4	9.9	2.4	127.05	233	106.1
51	0	0	37.8	31.95	21.45	10.65	2.7	104.55	233	128.45
52	0.45	0	32.55	33.3	22.5	11.4	3.15	103.35	233	129.65

Sin embargo, así como puede haber esta subutilización tan grande de agua, también el desperdicio de flujo en esta misma estrategia, puede ser menor tal y como se observa de las semanas 6 a la 23, donde los remanentes de agua son muy bajos.

En este sentido conviene aclarar, que el productor debe considerar los requerimientos totales para cada tiempo y no los parciales por camada, que son el resultado de introducir varias camadas con características específicas (en este caso similares) en diferentes tiempos, ya que son estos primeros, los que le van a permitir al productor ver si sus flujos requeridos no son mayores que los disponibles.

En el caso de la siembras heterogéneas al igual que en las anteriores, se debe conocer el comportamiento del flujo de agua, pero aquí su importancia se incrementa, porque en este tipo de siembras uno de los objetivos es la optimización de este flujo. Para lograr esto, el productor debe generar una estrategia en la cual los requerimientos totales de agua de las biomazas en cada tiempo, tratan de equipararse con los flujos disponibles. De aquí que el productor deba sembrar diferente número de organismos en cada camada (Cuadro VIII).

En la Fig. 18 se puede observar de manera general, que en las siembras de tipo heterogéneo se trata de optimizar casi en un 100 % el flujo disponible, lo cual representa un desperdicio

CUADRO VIII

DATOS ACUMULADOS DE REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LTS/ SEG POR CANADA POR SEMANA  
PARA UNA SIEMBRA DE TIPO HETEROGÉNEO (MILES DE ORGANISMOS)

TIEMPO SEMANAS	CANADA1 16	CANADA2 55	CANADA3 27	CANADA4 15	CANADA5 24	CANADA6 11	CANADA7 12	TOTALES REQUER.	DISPON.	REMANENTE
1	0.64	0	52.11	36.6	4.089	9.57	3.12	145.26	200	54.74
2	0.8	0	42.12	37.95	42	10.24	3.6	127.87	200	72.13
3	1.92	0	21.59	37.45	44.16	11.11	4.08	132.37	200	67.63
4	1.44	0	21.06	40.8	46.09	11.88	4.68	124.84	200	75.16
5	1.76	0	10.76	42.3	48.24	12.65	5016	121.21	200	78.79
6	2.88	0	0	55.05	65.6	16.91	7.32	145.76	166	20.24
7	3.52	0	0	48.6	66.48	18.1	8.16	144.91	166	21.09
8	4.16	0	0	42.15	69.6	19.25	9	144.16	166	21.84
9	4.96	2.2	0	35.55	72.72	20.46	9.96	151.15	166	14.85
10	7.04	3.85	0	33.75	89.28	25.63	13.08	173.63	183	9.37
11	8.32	5.5	0	25.65	93.6	27.39	14.4	174.86	183	8.14
12	9.6	7.7	0	17.25	97.92	29.15	15.96	177.58	183	5.42
13	11.04	9.9	0	8.55	102.24	30.91	17.4	180.04	183	2.95
14	14078	15.2	0	0	124.1	38.39	22.4	22.4	216	193.6
15	17.12	19.8	1.62	0	111.36	40.92	24.6	215.62	216	0.18
16	19.36	24.75	2.43	0	97.68	43.45	26.76	214.43	216	1.57
17	21.92	29.7	3.78	0	83.04	45.1	29.16	212.54	216	3.46
18	25.6	37.95	5.67	0	71.04	50.93	33.12	224.31	233	8.69
19	28.64	44.55	7.56	0	54.25	53.79	35.76	219.81	233	13.19
20	31.68	52.25	9.72	0	36.48	56.32	38.52	224.97	233	8.03
21	34.72	59.95	12.15	0.9	18.24	59.62	41.28	226.8	233	6.2
22	38.08	68.75	15.12	1.5	0	53.35	44.16	229.96	233	12.04
23	36.8	68.75	15.93	1.95	0	41.69	42	207.12	250	42.88
24	39.68	76.45	18.63	2.7	0	35.42	44.4	217.38	250	32.62
25	42.56	84.7	21.6	3.6	0	28.82	46.92	228.3	250	21.7
26	45.6	93.5	24.84	4.5	0	28.89	49.44	239.77	250	10.23
27	45.82	96.25	26.46	5.25	1.2	13.86	44.00	238.17	333	94.83
28	48.8	104.5	29.7	6.45	1.92	6.93	51.36	249.66	333	93.34
29	51.68	112.75	32.94	7.65	2.64	0	53.76	266.36	333	66.64
30	54.56	121.55	36.45	9	3.6	0	47.76	272.96	333	60.04
31	57.6	130.55	40.23	10.35	4.8	0	41.76	285.29	333	47.71
32	60.64	139.7	44.01	11.85	6.24	0	35.4	297.85	400	102.15
33	63.68	149.05	47.79	13.5	7.68	0	28.8	310.5	400	89.5
34	66.72	158.95	51.84	15.15	9.36	0	21.84	324.14	400	75.86
35	69.92	168.85	56.16	16.95	11.28	0.55	14.64	338.24	400	61.76
36	72.12	178.75	60.48	18.9	13.2	0.89	7.32	352.3	450	97.7
37	64.96	188.65	64.8	20.85	15.6	1.21	0	340.47	450	109.53
38	56.8	199.1	69.39	22.8	17.76	1.65	0	364.59	450	85.41
39	48.16	209.55	73.98	25.05	20.4	2.2	0	378.98	450	71.02
40	37.92	213.95	76.41	26.4	22.32	2.75	0	379.73	500	120.27
41	28.8	223.85	81	28.5	24.96	3.41	0	390.52	500	109.48
42	19.36	234.3	85.59	30.75	27.6	4.18	0	401.81	500	98.19
43	9.6	244.75	90.45	33	30.72	4.95	0	412.92	500	87.08
44	0	217.25	95.31	35.4	33.6	5.38	0.6	387.98	500	112.02
45	0	169.4	89.37	33.75	32.88	5.94	0.72	332.06	333	0.94
46	0	143	93.42	35.7	35.28	6.89	1.08	315.36	333	17.64
47	0	116.05	97.97	37.65	38.16	7.59	1.44	298.17	333	34.83
48	0	87.45	101.52	39.75	40.8	5.85	1.8	279.7	333	53.1
49	0	41.68	75.06	29.55	30.96	6.6	1.56	185.61	233	47.39
50	0	20.36	77.49	30.75	32.64	7.26	1.92	170.42	233	62.58
51	0	0	68.04	31.95	34.32	7.81	2.16	144.28	233	88.72
52	0.48	0	58.57	33.3	36	8.36	2.54	179.32	233	93.68

menor de agua; si acudimos al Cuadro VIII veremos, que hay puntos en los cuales los requerimientos de agua son aproximadamente de la misma magnitud que los flujos disponibles, como en el caso de las semanas 15 y 45 que son los más representativos de este caso, donde para la primera, los litros requeridos son de 215 y los disponibles de 216 lts/seg, y para la segunda de 332 lts/seg y 333 lts/seg respectivamente.

Por otra parte, con relación a la cantidad de biomasa producida en ambos tipos de siembra, si un productor optara por las de tipo homogéneo, tendría que su biomasa total para cada semana del año, que es el resultado de las biomásas parciales de cada camada, sería de aproximadamente la misma magnitud, debido a que las características con las que se siembra cada camada son similares en cuanto a número de organismos, talla y dispersión de estos. Esto es claro si acudimos al Cuadro IX, que nos muestra la composición de la biomasa para la estrategia de siembra de tipo homogéneo que se enuncio en líneas anteriores.

Si acudimos a la Fig. 20 veremos, que aun cuando hay un ligero incremento en la magnitud de la biomasa, este no es muy alto, pues el intervalo que hay entre la biomasa más alta y la más baja es de 6905 Kg a 8698 kg.

## CUADRO IX

DAIOS ACUMULADOS DE BIOMASA EN KG POR CANADA POR SEMANA PARA UNA SIEMBRA DE TIPO HAYSTACK (15 MIL ORGANISMOS POR CANADA)

SEMANAS	CANADA1	CANADA2	CANADA3	CANADA4	CANADA5	CANADA6	CANADA7	TOTALES
1	19.95	0	2151	2605.8	1629.5	760	190.05	7416.3
2	29.25	0	1734.3	2723.4	1767.9	949.15	225.05	7227.05
3	40.95	0	1305.35	2942.65	1868.55	921.3	259.05	7239.85
4	54.9	0	868.95	2963.85	1971.6	996.15	298.2	7155.65
5	71.4	0	427.2	2606.7	2076.9	1074	340.2	7076.4
6	93	0	0	3226.35	2192.35	1164.15	390.75	7071.6
7	117.9	0	0	2854.35	2320.5	1245.75	445.05	6983.55
8	146.4	0	0	2484.15	2446.35	1354.8	503.25	6734.95
9	178.35	13.8	0	2100.75	2575.35	1455	565.2	6588.45
10	220.35	24	0	1713.45	2729.35	1576.65	642.3	6305.1
11	267.45	37.95	0	1304.65	2899.05	1702.5	724.65	6136.45
12	319.65	55.8	0	877.05	3045.75	1832.7	812.1	6043.05
13	377.25	78	0	435.45	3269.1	1966.95	904.5	6071.25
14	448.35	108.45	0	0	3397.95	2123.85	1015.05	7093.65
15	526.2	145.05	16.2	0	3042.9	2225.85	1131.75	7147.95
16	610.8	187.8	29.1	0	2678.4	2452.65	1254.75	7213.5
17	702.15	237	46.8	0	2269.45	2624.1	1383.75	7283.25
18	803.4	294.75	70.65	0	1876.35	2806.65	1523.25	7374.45
19	911.55	359.7	100.5	0	1435.35	2992.8	1668.9	7468.8
20	1026.75	431.85	136.8	0	968.85	3183.75	1820.55	7568.55
21	1148.7	511.35	179.85	16.5	483	3379.05	1976.05	7696.5
22	1277.25	597.9	229.65	30	0	3032.55	2141.1	7308.45
23	1401.3	684.15	281.85	47.1	0	2662.95	2295.6	7372.95
24	1530.6	776.25	340.65	69	0	2271	2454.6	7441.5
25	1665.15	874.5	404.4	96	0	1854.15	2617.8	7512
26	1804.65	978.6	474.9	128.4	0	1413.3	2785.05	7584.9
27	1942.35	1085.3	547.8	164.55	15.3	948.75	2947.95	7650
28	2084.4	1193.1	626.4	205.95	26.4	470.55	3114.15	7720.95
29	2230.5	1308.15	710.4	252.75	41.4	0	3283.65	7826.65
30	2380.65	1428	799.95	304.95	60.75	0	2929.05	7903.25
31	2534.7	1552.8	895.05	362.7	84.75	0	2568.9	7998.9
32	2692.65	1682.4	995.25	426	113.4	0	2188.35	8098.05
33	2854.05	1816.5	1100.85	495	147.15	0	1784.85	8198.4
34	3018.9	1955.1	1211.7	569.4	186.15	0	1359.15	8290.4
35	3187.05	2098.05	1327.5	649.5	230.4	15.3	913.5	8421.3
36	3358.35	2245.2	1448.25	725	280.05	26.4	453.6	8546.85
37	3993.85	2396.4	1573.95	826.05	325.25	41.4	0	8166.9
38	2624.25	2551.5	1704.15	922.35	396	60.75	0	8259
39	2734.75	2710.35	1839.15	1024.05	462.15	84.75	0	8354.7
40	1819.35	2888.75	1974.9	1128.15	532.2	112.65	0	8436
41	1283.3	3030.3	2114.85	1237.2	607.5	145.35	0	8518.5
42	928.2	3195.15	2258.7	1351.85	688.05	183.15	0	8604.3
43	460.35	3363	2406.45	1469.55	773.7	225.75	0	8698.8
44	0	2994.6	2557.8	1592.55	864.6	273.75	15	8798.3
45	0	2607.7	2697.15	1707.3	950.85	321.45	24.8	8311.05
46	0	2269.65	2839.05	1825.35	1041.3	373.5	37.2	8326.05
47	0	1792.05	2983.8	1946.85	1135.8	429.75	52.95	8341.2
48	0	1357.35	3130.8	2071.65	1233.9	480.35	72.3	8356.35
49	0	900.45	3249.6	2173.5	1315.35	542.1	90.45	8271.45
50	0	441.6	3369.6	2277.3	1399.05	596.7	111.15	8195.4
51	0	0	2958.45	2382.75	1485.15	653.85	134.4	7614.6
52	12.75	0	2556	2490.15	1573.5	685.7	160.05	7479.15

• 15855.3 • 15668.4 • 15371.8 • 14996.4 • 14167.2 • 16032.2 • 15499.6 = 109577.4

• TOTAL DE BIOMASA COSECHADA POR CANADA

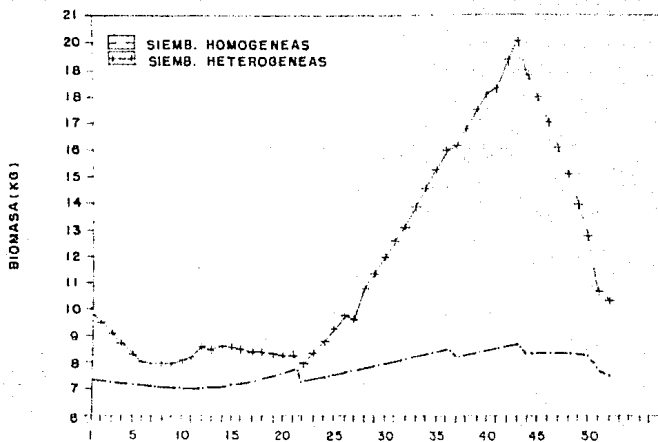


Fig.20.- COMPORTAMIENTO DE LA BIOMASA ACUMULADA PARA SIEMBRAS HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS.

En este sentido cabría señalar, que así como la magnitud de la biomasa total en cada semana es similar, también lo es la biomasa total producida por cada camada, la cual es el resultado de la cosecha total de las fracciones de biomasa de la población; en la estrategia que se muestra en este último cuadro, se manejan ocho marcas de clase para cada camada, en las cuales se observa, que tanto la biomasa de cada fracción de la población como la biomasa total producida son aproximadamente de una magnitud similar.

En lo que concierne a las siembras de tipo heterogéneo, la



cantidad de biomasa total que podría tener el productor para cada semana, va a variar considerablemente, pues al introducir diferentes cantidades de organismos en cada camada, provocará de manera inherente que las magnitudes de las biomásas totales para cada tiempo no sean similares. Asimismo, en este tipo de estrategia se puede observar, que cuando se presentan las mayores disponibilidades de flujo, también se presentan los valores más altos de biomasa (Fig. 20). Sin embargo, contrario a lo que sucede en las siembras homogéneas, la biomasa total producida por camada y por cosecha, no van a ser de la misma magnitud, sino más bien, estas van a estar dependiendo de las características específicas de cada camada, tal y como se observa en el Cuadro X que nos muestra la composición de la biomasa para la siembra de tipo heterogéneo que hemos venido manejando.

Por otra parte, se mencionó en líneas anteriores, que para un productor es importante mantener la apertura del mercado a través de un ciclo continuo. Esto en este tipo de sistemas no representa un gran problema, ya que al haber varias camadas se puede generar una estrategia de cosecha, mediante la cual se satisfaga esta necesidad. Para lograr esto, el productor debe contemplar en su estrategia para cada camada, el número de marcas de clase que está en función de la dispersión, la talla de cosecha, la magnitud de esta y la época de siembra.

CUADRO X

DATOS ACUMULADOS DE BIOMASA EN PG POR CANADA POR SEMANA PARA USAR  
PARA UNA SIEMBRAS DE TIPO HETEROSEJED

TIEMPO SEMANAS	CANADA1 16	CANADA2 55	CANADA3 27	CANADA4 15	CANADA5 24	CANADA6 11	CANADA7 12	TOTALES
1	21.28	0	2671.8	2605.8	2671.2	572.1	152.1	9894.12
2	31.2	0	3121.7	2723.4	2828.6	622.7	178.4	9596.13
3	43.6	0	3351.4	2842.6	2789.6	675.6	207.2	9115.25
4	58.5	0	1584.1	2765.8	2154.5	720.5	238.5	8710.15
5	78.1	0	768.9	2886.4	2221.1	787.6	272.1	8314.32
6	99.2	0	0	3226.3	1515.7	853.7	312.6	3697.62
7	125.7	0	0	2654.3	3712.8	913.5	358.9	7962.5
8	156.1	0	0	2484.1	3932.6	993.5	402.6	7970.03
9	190.2	50.5	0	2190.7	4119.3	1067.1	452.1	7980.11
10	235.4	88.1	0	1713.4	4265.3	1155.2	513.8	8971.9
11	285.2	129.1	0	1284.4	4616.8	1248.5	579.7	8174.38
12	340.9	204.6	0	877.5	4873.2	1343.9	649.6	8596.14
13	402.4	286	0	435.4	5134.5	1442.4	723.6	8424.44
14	478.2	397.6	0	0	5436.7	1557.4	812.1	8682.14
15	561.2	531.8	29.1	0	4868.6	1676.2	905.4	8572.62
16	651.5	689.6	52.8	0	4285.4	1788.6	1003.8	8489.47
17	748.9	889	84.2	0	3663.1	1924.3	1107	8396.65
18	856.9	1080.7	127.1	0	3002.1	2057.7	1218.6	8343.41
19	972.3	1318.9	180.9	0	2276.5	2194.7	1335.1	8298.52
20	1095.2	1583.9	246.2	0	1550.1	2384.7	1456.4	8271.04
21	1225.2	1874.9	323.7	16.5	772.8	2477.9	1582.4	8273.67
22	1362.4	2182.3	413.3	30	0	2223.8	1712.8	7934.02
23	1494.7	2508.8	507.3	74.1	0	1952.8	1836.4	8347.01
24	1362.6	2846.2	612	69	0	1662.4	1963.6	8787.06
25	1776.1	3206.5	727.9	96.4	0	1359.7	2094.2	9260.53
26	1924.9	3588.2	854.8	128.4	0	1036.4	2228	9769.84
27	2071.8	3972.1	986	164.5	0	695.7	2358.3	9618.64
28	2223.2	4374.7	1127.5	205.9	0	345	2491.3	10767.92
29	2379.2	4796.5	1278.7	252.7	0	0	2626.9	11324.14
30	2539.3	5236	1429.9	304.9	97.2	0	2343.2	11960.65
31	2705.6	5693.6	1611	362.7	135.6	0	2055.1	12561.79
32	2872.1	6168.8	1791.4	426	161.4	0	1783.1	13222.93
33	3044.3	6680.5	1981.5	495	235.4	0	1427.8	13849.67
34	3220.1	7168.7	2181	576.8	297.8	0	1087.3	14551.93
35	3399.5	7692.8	2389.5	649.5	368.6	11.2	730.6	15241.83
36	3582.2	8232.4	2606.8	725	448.1	19.3	362.8	15926.81
37	3192.9	8786.8	2833.1	826	536.4	30.2	0	16205.63
38	2799.2	9355.5	3067.4	922.3	633.6	44.5	0	16822.67
39	2395.3	9937.9	3319.4	1024.5	739.4	62.1	0	17457.72
40	1940.6	10518.7	3554.8	1129.1	851.2	82.6	0	18079.49
41	1475.5	11111.1	3806.7	1227.2	972.1	104.5	0	18283.08
42	990.8	11715.5	4065.6	1351.5	1109.8	174.3	0	19357.39
43	491	12331	4311.6	1469.5	1237.9	185.5	0	20026.71
44	0	10980.2	4604	1592.5	1383.3	200.7	12	18772.9
45	0	9588.9	4854.8	1707.3	1521.3	235.7	19.6	17907.84
46	0	8102	5110.2	1825.3	1666.1	232.9	29.7	17007.43
47	0	6370.8	5370.8	1946.8	1817.1	215.1	42.3	16063.09
48	0	4976.9	5625.4	2071.6	1974.2	257.5	57.8	15075.77
49	0	3501.6	5349.2	2133.5	2104.5	397.5	72.3	13898.89
50	0	1619.2	4865.2	2677.3	2236.4	457.5	89.9	12726.76
51	0	0	5325.2	2382.7	2376.2	579.4	107.5	10671.21
52	13.6	0	4660.8	2490.1	2517.6	523.3	128	10273.57

• 16885 • 57450.8 • 27669.3 • 15396 • 31010.1 • 11702 • 12417.1 • 127510 kg

• TOTAL DE BIOMASA COSECHADA POR CANADA

La estrategia de cosecha que considera el productor para ambos tipos de siembras, contempla la posibilidad de mantener al sistema produciendo durante todo el ciclo; ésta estrategia de acuerdo a sus características (8 marcas de clase y talla de cosecha 300 grs), permite que el productor coseche las ocho marcas de clase de cada camada en un intervalo de 8 semanas, esto es, una marca de clase por semana. Asimismo esta estrategia esta planteada de tal forma que de acuerdo a la época de siembra y dispersión, cuando se termina de cosechar una camada en esa misma semana o una después, se comienza a cosechar la siguiente y así sucesivamente.

En este sentido, cuando se plantea una estrategia de cosecha, se debe considerar también los efectos de la temperatura sobre el crecimiento y la alimentación de éstos. La importancia del primero se deriva, de que está estrechamente vinculado con el intervalo de tiempo en que las poblaciones alcanzan la talla de cosecha, y lo que es más aún, esta vinculado inherentemente con la misma estrategia de siembra. En la Fig. 21 podemos observar, que el desarrollo de las camadas hasta su última cosecha abarca diferentes lapsos de tiempo, lo cual se atribuye, a que los efectos de la temperatura sobre la población son diferentes en cada tiempo y en cada camada; es así que en las camadas que se desarrollan en lapsos de tiempo que comprenden meses cálidos, permanecerán menos tiempo en la unidad, porque alcanzan antes la talla de cosecha (camadas 1,2

y 3), caso contrario de las camadas que se desarrollan la mayor parte del tiempo, en periodos donde las temperaturas son bajas (camadas 5 y 6). En el caso, donde el desarrollo de las camadas abarca tanto meses cálidos como meses fríos, la permanencia de estas no será tan prolongada, debido a que se compensan los efectos de la temperatura sobre el crecimiento como en los casos de las camadas 4 y 7. (Cuadro XI).

CUADRO XI TIEMPO DE DESARROLLO DE LAS CAMADAS HASTA LA ÚLTIMA COSECHA PARA SIEMBRAS HOMOGÉNEAS Y HETEROGÉNEAS.

NÚMERO DE CAMADA	TIEMPO DE DESARROLLO SEMBRAS
1	44
2	43
3	42
4	40
5	37
6	36
7	35

Por lo que respecta a la alimentación, éste es uno de los procesos de los que va a depender también la población para alcanzar la talla de cosecha en el tiempo estimado, ya que en función de que se cubran las demandas alimenticias para cada tiempo y para cada camada, estas podrán desarrollarse

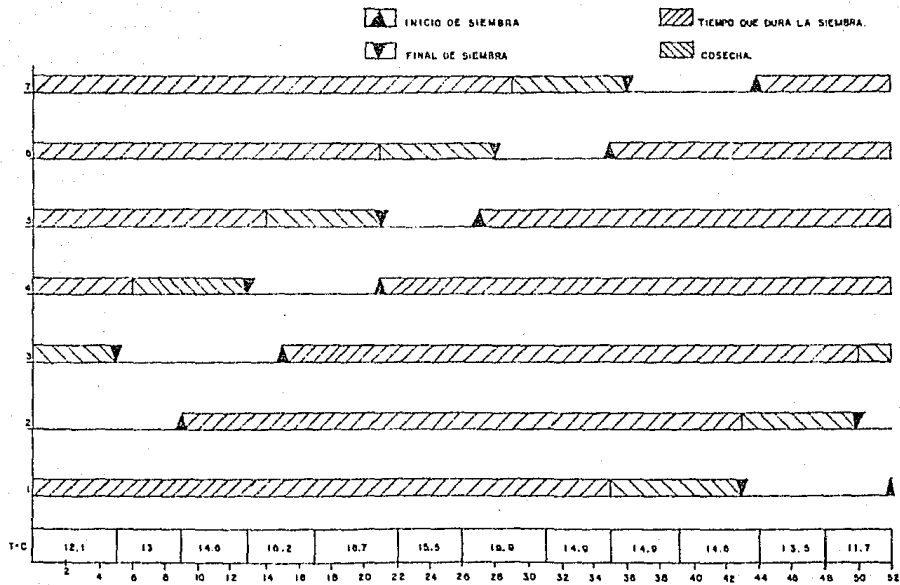


Fig. 21.- EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL DESARROLLO DE LAS CAMADAS

adecuadamente durante el proceso productivo hasta alcanzar la tala de cosecha. De aquí que, la cantidad de alimento que se suministre a las poblaciones en cada tiempo, estará determinando el éxito y/o fracaso del cultivo; una mala alimentación en calidad y cantidad, puede ocasionar efectos deletéreos en la población, lo cual se traduce en pérdidas económicas.

Por último es importante señalar, que en el proceso de dinámica de la biomasa, no se debe desvincular a ninguna de las variables que participan en él, ya que existe una retroalimentación entre cada una de ellas (Fig 22).

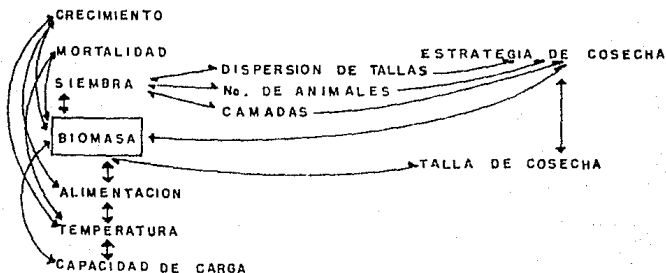


Fig. 22. FACTORES QUE PARTICIPAN EN LA DINAMICA DE LA BIOMASA.

#### IV.- DISCUSION Y CONCLUSIONES

Habiendo discutido en el contexto de este trabajo, la importancia de los patrones de interdependencia de los factores y parámetros que participan en el manejo de poblaciones, resultaría un tanto repetitivo retomarlos de nueva cuenta en este punto. Por tal motivo, nos avocaremos a puntualizar la importancia que tiene el hecho de conocer como participan estos factores y parámetros en el proceso productivo, y las repercusiones que trae consigo, el tomarlos o no en cuenta en el manejo y planificación de la producción.

Uno de los principales aspectos que debe considerar una empresa acuícola de subsistencia o de tipo industrial o comercial, es la planeación de la producción. Su importancia se deriva de que, a partir de ella, se podrá obtener, por un lado, la máxima utilidad de los recursos disponibles y, por otro, se podrá satisfacer la demanda del producto en cualquier época del año, y concurrir a los mercados en fechas en que los productos encuentran sus mejores precios.

Para que el productor pueda llevar esto a cabo, deberá considerar como aspectos prioritarios en su proceso de planeación los siguientes puntos: uno, el abastecimiento de los insumos alimento y aionomorfos, en los tiempos y cantidades necesarios, y otro, la instrumentación de una serie de

programas, mediante los cuales defina las estrategias y actividades necesarias en secuencia y tiempo para el manejo de su producción. El primer punto es indispensable que se considere, porque es un factor que estará condicionando la calidad y tamaño de la producción, así como de la posibilidad de satisfacer la demanda potencial del producto, entendiéndose a esta, como aquella demanda que no esta cubierta por la oferta. El segundo punto es importante, porque si es satisfecho el primero, se podrá relacionar entonces, la producción con las oportunidades del mercado. Estas estrategias como se mencionó en el contexto del trabajo, podrán ser generadas, en la medida en que el productor comprenda desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, los principios que rigen al manejo de poblaciones, y la dinámica que envuelve a cada uno de los parámetros y factores involucrados en el proceso productivo.

Es necesario destacar la importancia que tiene el aspecto cuantitativo en los análisis y evaluaciones que realiza el productor, ya que se ha observado, que estos aún cuando son numéricos son de carácter cualitativo, y los "estrictamente" cuantitativos no presentan de manera integral la asociación de los factores involucrados en el proceso de producción tales como manejo de los alimentos, estrategias de siembra-cosecha y sanidad acuícola entre otros. El hecho de no considerar los patrones de interdependencia que se manifiestan entre cada uno de los factores y parámetros, repercutirá invariablemente en la



operación, producción y rentabilidad del sistema

La importancia de que el productor fundamente sus estrategias en análisis cuantitativos, se deriva, de que apartir de estos, podrá realizar diferentes tipos de evaluaciones que le permitirán, además de establecer lineamientos específicos de acción tendientes a lograr el manejo y/o la optimización de la producción, determinar lo siguiente: la magnitud de las respuestas que tienen los organismos hacia una estrategia dada, el grado de eficiencia y eficacia con que opera esta, el grado de optimización de los recursos. el comportamiento de un proceso específico, la magnitud de la producción y la viabilidad económica de la estrategia entre otros.

No obstante la información que pueda obtener el productor, a través de estos análisis cuantitativos, la que requiere para sentar las bases de una estrategia productiva, debe contemplar el efecto integrativo y multirrelacionado de los siguientes puntos:

- \* Dinámica de la relación Capacidad de Carga-biomasa- características medioambientales (temperatura fundamentalmente). Esto para cada unidad de tiempo.
- \* Número de camadas.
- \* Relación talla de siembra específica - dispersión de talla de una camada por unidad de tiempo.

- \* Relación tasa de crecimiento de la camada sembrada semana de siembra de cada camada - alimentación - temperatura por unidad de tiempo.
- \* Talla de cosecha (estrategia de siembra-cosecha)
- \* Tasa de mortalidad.
- \* Limitaciones biotecnológicas y de la especie.

Con esta información, el productor, de acuerdo con sus necesidades y condiciones, podrá desarrollar las estrategias que mejor le convengan tanto desde el punto de vista biotecnológico, como en términos de costos de producción.

Para el caso que nos ocupa, como la producción esta orientada básicamente hacia la comercialización, el productor deberá generar un programa de siembra-cosecha que le permita cubrir la demanda potencial del producto, y las exigencias del mercado.

La decisión sobre que tipo de estrategias se pueden llevar a cabo dependerá, además de la magnitud de la cosecha para cada tiempo, de la capacidad de carga del sistema. La importancia de este último punto, estriba en que a partir de este, el productor podrá por un lado, determinar en función del manejo de sus recursos (disponibilidad de flujo principalmente) si puede o no satisfacer la demanda del mercado, y por

otro, evitar que se siembren niveles a sobrecarga; los cuales pueden provocar un incremento en la tasa de mortalidad y un retardo en la tasa de crecimiento. Esto es importante ya que manejar niveles superiores a los reales de siembra puede, además de lo anterior, acentuar la competencia por espacio y alimento, que se traduciría en una disminución drástica en la talla promedio poblacional, que afectaría directamente a la talla de cosecha y a las posibilidades de comercialización.

Para que un productor pueda generar la cantidad demandada sin tener problemas de sobrecarga en el sistema, debe considerar en su proceso de planeación, a cada uno de los puntos, que nos dan la base de una estrategia productiva. Más aún, primero, debe conocer cuales son los factores y parámetros que permiten sentar estas bases, para después en función de estas, generar las estrategias que más le convengan. (Fig. 23). Los parámetros y factores a los que hacemos referencia, son básicamente los parámetros poblacionales, y los factores asociados a los parámetros de la dinámica poblacional.

Con esto podemos observar, que si un productor no conoce la dinámica de cada uno de estos, no podrá establecer las bases de una estrategia productiva, ni mucho menos, podrá modificar cualquier estrategia que no cumpla con sus objetivos de satisfacer la demanda, o bien, no sea biotécnicamente viable (Cuadro II).

De acuerdo con esto, para que un productor pueda generar estrategias viables tanto desde el punto de vista técnico como económico, deberá desarrollar estrategias -que están en función de las características particulares del sistema, disponibilidad de insumos y condiciones específicas de las poblaciones sujetas a cultivo- que le permitan cumplir con los objetivos planteados.

Así para el caso que nos ocupa, como al productor le interesa mantener un mercado constante, tendrá que generar las estrategias de siembra, cosecha y alimentación que satisfagan sus necesidades, en función de la demanda potencial del producto y las características del sistema (Fig. 23). Así, por ejemplo, dependiendo de la magnitud y fluctuaciones de la demanda del producto, se podrán llevar a cabo siembras homogéneas o heterogéneas; para el caso donde las fluctuaciones de la demanda del producto no son muy fuertes y permanecen casi constantes, se podrá implementar un programa de siembras de tipo homogéneo, pero en el caso donde la demanda del producto presenta grandes variaciones, por la correspondencia que existe entre la producción y el mercado, se tendrá que recurrir a las de tipo heterogéneo. Cabría aclarar que con esto, no queremos decir, que en las estrategias que consideran siembras homogéneas no exista tal correspondencia, sino que más bien, con las siembras heterogéneas, el productor por el tamaño de su mercado y el incremento de la demanda del

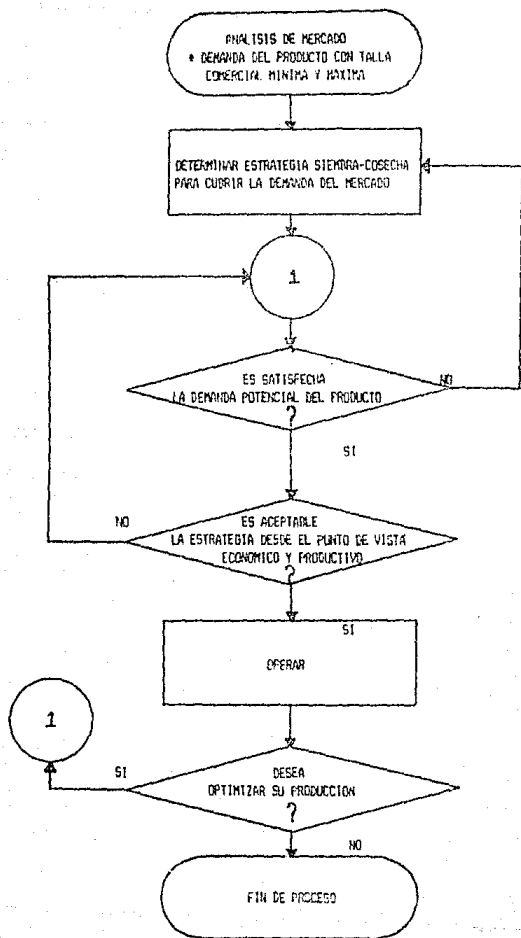
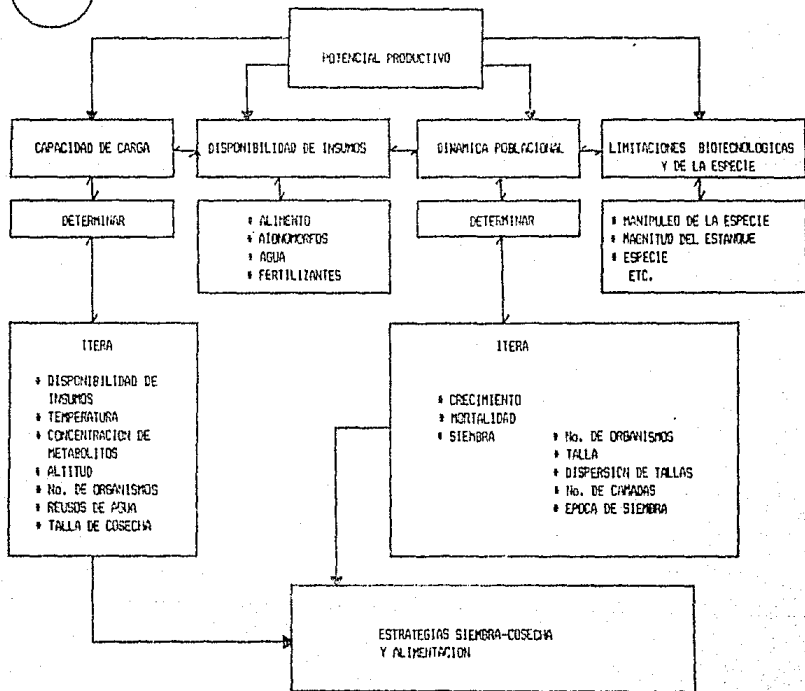


Fig. 23.- Aspectos que se deben considerar para la generación de estrategias de producción

1



producto en épocas determinadas, tiene la posibilidad de ajustar el volumen de su producción a estas condicionantes, en tanto que en el otro tipo de siembras, como la demanda es más o menos similar, el productor independientemente de que pueda producir más, no tiene que ajustar su producción a las fluctuaciones del mercado, como en las siembras heterogéneas. En este sentido hay que enfatizar, que un productor podrá incrementar los niveles de producción, en la medida en que optimice el espacio y flujo de agua disponible a través de las siembras sistemáticas, ya que mientras más siembras realice, estando dentro de sus límites de capacidad de carga, esta tendencia se verá incrementada.

Para que el productor -independientemente del tipo de estrategia de siembra que realice- pueda cubrir los requerimientos del mercado, tendrá que planear de manera concomitante a esta estrategia, las de cosecha y alimentación. Esto es importante que lo considere, tanto en los sistemas que planean una sola siembra, como en los que plantean un programa de multisiembras, porque en función de esto, el productor podrá cosechar en el tiempo en que su mercado le demande el producto.

Por otra parte, la dispersión de tallas afecta la estrategia de cosecha. Por ejemplo, en un sistema que realiza una sola siembra por ciclo productivo, la posibilidad de mantener un

ritmo de producción mayor (en tiempo), puede lograrse incrementando la dispersión, y así mismo, si el mercado demanda el producto en una temporada muy definida, al disminuir la dispersión, se puede entonces obtener, la producción total casi simultáneamente. (Fig. 17).

En el caso de las multisiembras, la dispersión tiene el mismo efecto, por lo cual, el productor deberá realizar un análisis más fino con el objeto de sincronizar los tiempos de tal forma que, cada camada produzca la cantidad requerida en el tiempo estimado. Esto no debe pasarlo por alto, porque de ser así, puede provocarse un desfazamiento entre los tiempos en que el mercado requiere el producto, y los tiempos en que el productor cosecha; lo que traerá como consecuencia problemas en la comercialización del producto.

En este sentido habría señalar, que para que el productor pueda realmente lograr lo anterior, tendrá que planear adecuadamente su estrategia de alimentación; la cual deberá tratar de optimizar, en la medida de lo posible, el uso de los alimentos, para evitar dispendios que pueden repercutir en la rentabilidad del sistema. Para conseguir esto, se deben considerar los efectos sobre los incrementos poblacionales y los costos por incremento en peso.

Como vemos, el éxito económico y productivo de un sistema,



dependerá de como el productor pueda planear y manejar sus estrategias dependiendo de sus necesidades, y de los imponderables que puedan presentarse durante el proceso productivo. Con esto último nos referimos, a situaciones en las cuales el productor por razones fortuitas, -por ejemplo un incremento súbito en la mortalidad- tenga que reajustar sus estrategias de tal forma que con las modificaciones hechas se compense el aspecto económico.

Por ejemplo, en el caso de que en una granja se incrementara la mortalidad por efecto de una sobrecarga en el sistema, el productor para compensar la pérdida económica y productiva podrá seguir dos caminos, uno, -si su mercado se lo permite- incrementar la talla de cosecha (por ejemplo, en vez de cosechar a los 200 grs, cosechar a los 300 grs), para con esto obtener una mayor biomasa con un menor número de organismos, y dos, si el productor tuviera la posibilidad de introducir más organismos, tendría -de acuerdo a su capacidad de carga y al análisis de su dinámica poblacional-, que hacer los ajustes necesarios para que en función de estos introdujera la cantidad necesaria de organismos, que aunado a los que se encuentran en el sistema, permitieran cubrir el mercado y recuperar la inversión sin variar la talla de cosecha. Es claro que para que este proceso pueda lograrse, debe analizarse adecuadamente el parámetro crecimiento, e indicadores FCA.

Por otra parte, si se presentara el caso en el cual, en un sistema que tiene fluctuaciones muy marcadas de flujo de agua, el mercado demanda grandes cantidades de producto en la épocas donde se presentan los flujos más bajos, se tendría (de acuerdo con los análisis de capacidad de carga) que ajustar las estrategias de siembra-cosecha, de tal forma que se produjera lo que el mercado le demanda. Para lograr esto, y partiendo de que el mismo flujo de agua soporta cargas diferentes en función de la talla del animal, al modificar la talla de cosecha original a una talla menor, la capacidad de carga se vería incrementada; lo cual permitiría introducir una cantidad mayor de animales, que al ser cosechados a una talla más baja, no afectarían la capacidad de carga del sistema. Esto permitiría generar, grandes cantidades de producto con bajos flujos de agua.

Con base en los ejemplos anteriores, se remarca la importancia de recurrir a un análisis cuantitativo del comportamiento y dinámica de los parámetros e indicadores poblacionales propios del sistema, a fin de establecer estrategias productivas acordes a las necesidades inmediatas.

A este respecto convendría mencionar, que no obstante la importancia de las evaluaciones cuantitativas propias del sistema, se ha observado que muchas veces el biotécnico por capacidad técnica o disponibilidad de tiempo, no puede aplicar

metodologías de análisis exhaustivos; por lo cual, tiene que avocarse a tomar información que no forma parte de un esquema formal de investigación, evaluación o experimentación; y que sirve solamente como datos de apoyo, y no como información para estructurar lineamientos de acción para mejorar el sistema.

Cabría mencionar, que si bien un análisis cuantitativo requiere de un tiempo considerable para el procesamiento e interpretación del mismo, bien podrían emplearse en estos casos, metodologías de análisis en las cuales un modelo general y muy sencillo podría reusitarse eficiente, pero si fuese el objetivo la optimización; convendría un análisis que integrará modelos más complejos que involucrarán información generada por la misma unidad.

La importancia de obtener datos que provengan del propio sistema, y no de referencias de otros sistemas, estriba básicamente, en el hecho de que cada unidad tiene características propias y necesidades diferentes. De aquí que difícilmente se encuentren unidades que se comporten de forma idéntica.

Es por ello, que el biotécnico deberá realizar sus propias determinaciones, para de aquí poder tomar decisiones que le permitan realizar procesos de manejo y optimización, mediante un proceso de monitoreo iterativo.

Por otra parte, así como se plantea la necesidad de implementar mecanismos cuantitativos de evaluación en las unidades de producción, de la misma forma se hace imprescindible uniformizar los mecanismos de muestreo, formatos de información y métodos de evaluación, tanto de los parámetros poblacionales como de los fisicoquímicos, con objeto de estructurar un mecanismo ágil y homogéneo de evaluación, que permita analizar con facilidad y veracidad las condiciones bajo las cuales se encuentra el sistema, y específicamente las poblaciones sujetas a cultivo. Para de esta forma, poder definir lineamientos específicos de acción tendientes a manejar u optimizar los rendimientos económicos y productivos.

En este sentido es menester señalar, que un aspecto que nos estará determinando este éxito además de lo anterior, es el relacionado con las medidas profilácticas o sanidad acuícola, ya que mucho dependerá de ellas el que se presenten contingencias (por ejemplo epizootias de magnitud considerable), que alteren tanto las estrategias de producción como la producción misma. De aquí que para lograr niveles de rentabilidad adecuados y una buena producción, se deberá de interrelacionar las medidas profilácticas, con las evaluaciones cuantitativas de los parámetros e indicadores poblacionales.

A manera de síntesis señalaremos los puntos que deben

considerarse en la planeación de estrategias productivas:

- Definir metas y objetivos
- Determinar el comportamiento de los parámetros poblacionales y los factores que participan en el proceso productivo.
- Definir los modelos que representan el comportamiento de estos parámetros y factores.
- Definir estrategias y simular
- Monitorear
- Operar.

De lo anterior las conclusiones generales que se desprenden de este trabajo son las siguientes:

- El análisis de los parámetros e indicadores poblacionales, debe llevarse a cabo con modelos que representan la naturaleza y comportamiento real del fenómeno, con objeto de evitar grandes márgenes de error en la inter y extrapolación, así como en la interpretación.

- El empleo de los indicadores poblacionales permite conocer el comportamiento, tendencias y necesidades de las poblaciones sujetas a cultivo.

- El comportamiento de los parámetros e indicadores

poblacionales es específico de cada población y sistema.

- El manejo de los parámetros o indicadores poblacionales permite generar información que coadyuva en la instrumentación y modificación de las estrategias de producción (siembra, cosecha y alimentación).

- La composición y comportamiento de la biomasa, está determinada por la acción directa de los parámetros poblacionales y de los factores asociados a la dinámica poblacional.

- Las estrategias de producción deben planearse en función de la demanda potencial del producto y de una capacidad de carga a flujos específicos.

- La estructura temporal de la población se verá modificada por la acción directa de las estrategias de siembra-cosecha y alimentación.

- La dinámica de la biomasa es un proceso que será diferente en cada población y sistema, ya que éste se ve modificado por la acción de los parámetros poblacionales, temperatura, alimentación y estrategias de siembra y cosecha.

- Los requerimientos de agua y alimento, así como el

comportamiento y composición de la biomasa -están determinados en cualquier sistema de producción-, por la dinámica de la biomasa.

- Las granjas acuícolas para alcanzar un éxito económico y productivo, deben sustentar sus esquemas de producción en una serie de principios básicos que rigen al manejo de poblaciones

## V.- RECOMENDACIONES

- Es importante establecer programas de Asistencia Técnica, que contemplen personal calificado para hacer evaluaciones cuantitativas de los procesos que son determinantes en el manejo de la producción.

- Es necesario que el productor conozca y comprenda la dinámica de la biomasa, para que en función de esto genere y modifique las estrategias de producción.

- Es necesario que el biotécnico reconozca la importancia de los indicadores poblacionales, como instrumentos generadores de información.

- Es fundamental que se reconozca que una granja acuícola, es un sistema de multivariantes que interactúan y se retroalimentan.

- Es imprescindible que se homogeneicen los mecanismos de muestreo, monitoreo y evaluación de los parámetros poblacionales y fisicoquímicos



## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Allen, K. R. 1971. Relation between production and biomass. J. Fish. Res. Bd. Canada 28: 1573-1581.
- 2.- Austreng, E., Storebakken, T., Asgard, T. 1987. Growth rate estimates for cultured Atlantic salmon and rainbow trout. Aquaculture, 60: 157-160
- 3.- Bagenal, T.B. y Tesh, F.W. 1978. Age and growth. IBP Handbook 3: Methods for assesment of fish production in fresh water. Blackwell Scientific Publications: 101-136.
- 4.- Banco Nacional Pesquero y Portuario, S.N. 1986. La asistencia técnica como factor de desarrollo. México :28 pp.
- 5.- Bardach, J.E., Ryther, J.H., McLarenney, W.O. 1986. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos de agua dulce. AGT Editor, México: 741 pp.
- 6.- Brett, J.R., Shelbourn, J.E, Shoop, C.T. 1969. Growth rate and body composition of fingerling Sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. J. Fish. Res. Bd. Can. 26: 2363-2394.
- 7.- Brett, J.R. 1971. Satiation time, appetite and maximum food intake of Sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. J. fish. Res. Bd. Can. 28: 409-415.
- 8.- Brown, M.E. 1946. The growth of brown trout (*Salmo trutta* Lin.) II. The growth of two year-old trout of a constant temperature 11.5 oC. En: Paloheimo, J.E. y Dickie, L.M. 1966. Food and growth of fishes. III. Relations among food, body size, and growth efficiency. J. Fish. Res. Bd. Can. 23(8): 1209-1248.
- 9.- Brown, M.E. 1957. Experimental studies on growth. En: Klaoudatos, S. y Apostolopoulos, J. 1986. Food intake, growth maintenance and food conversion efficiency in the gilthead sea bream (*Spaurus auratus*). Aquaculture, 51: 217-224.
- 10.- Bunge, M. 1976. La Investigación Científica, su estrategia y filosofía. Ariel, 8a ed. México: 955 pp.

- 11.- Burrows, R.E. y Chenoweth. 1955. The influence of un-ionized ammonia to rainbow trout (*Salmo gairdneri Richardson*). En: Burrows, R.E. (1964). Effects of accumulated excretory products of hatchery reared salmonids U.S.Bur. Sport Fish Wild. Res. Rep. 66: 12 pp.
- 12.- Burrows, R.E. 1964. Effects of accumulated excretory products of hatchery reared salmonids. U.S. Bur. Sport. Wild, Res. Rep. 66: 12 pp.
- 13.- Burrows, R.E., y Combs. R.D. 1968. Controlled environments for salmon propagation. Prog. Fis. Cult. 50 (3): 123-136.
- 14.- Buterbaugh, G.L. y Willoughby H. 1967. A feeding guide for brook brown and Rainbow trout. Prog. Fish. Cult. 29: 210.
- 15.- Cabrera, J.A. y García, G.J. 1984. El estado de la acuicultura en México al término de 1982. Informe Nacional sobre desarrollo de la acuicultura en America Latina. FAO. Inf. Pesca No. 294. Supl.: 42-65.
- 16.- Carranza, J. 1953. Historia de la piscicultura en México. En: Juárez, P. J. y Palomo G. 1985. Acuacultura. CECSA, México, 95 pp.
- 17.- (C.E.S) Cooperative Extension Service. 1981. County agent's fisheries up date. The university of Georgia College of acuicultura No. 2. September: 25 pp.
- 18.- Chin, T.S. y Chen, J.C. 1987. Acute toxicity of ammonia to larvae of the tiger prawn *Penaeus monodon*. Aquaculture, 66: 247-253.
- 19.- Deuel, C.R., D.R. Haskell, Brockway y O.R. Kinsbury. 1952 The New York state fish hatchery feeding chart. Third edition. Fish. Res. Bull. N. Y. (3): 61.
- 20.- Eckmann, R. 1987. Growth and body composition of juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier 1818 (Characoidei) feeding on artificial diets. Aquaculture, 64: 293-303.
- 21.- Erhardt, N.M. 1981. Parámetros poblacionales. Curso sobre métodos de evaluación de recursos y dinámica de poblaciones 3a parte. La paz B.C. FAO-Cicimar.
- 22.- Fulton, T. 1902. Rate of growth of sea fishes. Sci. Inv. Fish. Div. Scot. Report: 20 pp.

- 23.- Gerhardsen, G.M. 1976. Aquaculture and Integrated rural development with special reference to economic factors. Advances in Aquaculture FAO. Fishing News Books Ltd. England: 10-22.
- 24.- González G. y Garci-Crespo R., 1983. Ecología y Producción pesquera. Antología. Ecología y Producción en México. Lab. de Ecología. Dto. de Ecología Fac. Ciencias. UNAM: 53-92.
- 25.- Gulland, J.A. 1969. Manual of methods for fish stocks assesment. I. Fish population Analysis FAO. Manuals in fish Sc. 14: 154 pp.
- 26.- Halver, J.E. 1972. Fish nutrition. Academic Press N.Y.: 713 pp.
- 27.- Haskell, D.C. 1955. Weight of fishes cubic foot of water in hatchery troughs and pounds. The Prog. Fish. Cult. 17 (3): 117-118.
- 28.- Haskell, D.C. 1959. Trout growth in hatcheries. New York Fish and Game Jour. 6 (2): 204-237.
- 29.- Hernández, A.P. 1986. Que es la acuicultura. Secretaria de Pesca. Fondepesca.
- 30.- Herrera, P.J. 1981. La acuicultura en México. Historia y Legislación. Ser. Legislación II. Sría. de Pesca, México: 154 pp.
- 31.- Hickling, C.F. 1960. Observations on growth-rate of chineses grass carp *Ctenopharyngodon idellus* C. et. V. Malay. Agric. Jour. 43 (1): 49-53.
- 32.- Hokanson, K.E.F., Kleiner, C.F. y Thorsland T.W. 1977. Effect of constant temperatures and diel temperature fluctuations on specific growth and mortality rates and yield of juvenile rainbow trout *Salmo gairdneri*. J. Fish. Res. Bd. Can. 34: 639-648.
- 33.- Jeffers, J. 1978. An introduction to systems analysis: with ecological application. Edward Arnold.
- 34.- Jobling, M. 1987. Growth of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) under conditions of constant light and temperature. Aquaculture, 60: 243-249.
- 35.- Juárez, P.R. et-al 1984. La Acuicultura en México. Antecedentes y Estado actual en 1982. Informe Nacional sobre desarrollo de la Acuicultura en America Latina. FAO. Inf. Pesca No.294. Supl.: 42-65.

- 36.- Juárez. P.J. y Palomo M.G. 1985. Acuicultura. CECSA. México: 95 pp.
- 37.- Klekowsky, R.Z. y Duncan A. 1975. Physiological approach to ecological energetics. En: Method for Ecological Bioenergetica. Grodzinski, V., Klekowsky R.Z. y Duncan A. IBP. Handbook 24: 15-64.
- 38.- Kleinholz, C. \_\_\_\_\_ Water quality management for fish farmers. Langston University: 8 pp.
- 39.- Klontz, G.W, P.C. Downey y R.L. Focht. 1979. A manual for trout and salmon production. Sterling H. Nelson and Sons. Inc.: 22 pp
- 40.- Kuri-Nivon, E. 1980a. Determinación del Factor de Condición Múltiple (KM). Manuales Técnicos de Acuicultura. Año 1, No. 1, México. Departamento de Pesca: 11-21.
- 41.- Kuri-Nivon, E. 1980b. Determinación del Factor de Conversión de Alimento (FCA). Manuales Técnicos de Acuicultura. Año 1, No.1, México. Departamento de Pesca: 22-34.
- 42.- Kuri-Nivon, E. 1983. Aplicaciones del Factor de Condición Múltiple, en el cultivo intensivo de peces. México. Sria. de pesca: 17 pp.
- 43.- Kuri-Nivon, E. 1983. Manejo de Alimentos balanceados en acuicultura, criterios técnicos y económicos. Tesis de Licenciatura, Biología. Fac. Ciencias. UNAM. 118 pp.
- 44.- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R. Passino. 1984. Ictiología. AGT Editor. México: 489 pp.
- 45.- Le Cren, E.D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). Jour. of Anim. Ecol. 20 (2): 201-219.
- 46.- Leitritz, E. y Lewis, A.C. 1976. Trout and Salmon culture. Fish. Bull. 164: 197 pp.
- 47.- Liao, P.B.. 1971. Water requirements of salmonids. The Prog. Fish. Cult. 33(4):210-215.
- 48.- Maynard, A.L. et-al 1981. Nutrición animal. McGraw-Hill, 2a ed. México: 638 pp.

- 49.- Medina-García, M. 1976. El Factor de Condición Múltiple (KM) y su importancia en el manejo de poblaciones de la carpa de Israel (*Cyprinus carpio specularis*) I. Hembras en Estado de madurez V. (Nikolsky, 1963). Memorias del Simposio sobre Pesquerías en Aguas continentales. Noviembre, Tuxtla GTZ. Chiapas. México, Tomo I: 207-217.
- 50.- Medina-García, M., Bravo-Nuñez, E. y Kuri-Nivon, E. 1980. La selección de reproductores de peces en base a sus relaciones morfométricas I. Aspectos teóricos. III Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Agosto. Cartagena. Colombia: 22.
- 51.- Medina-García, M. 1982a. El Factor de Pérdida del Alimento (FP), en la evaluación de alimentos. IV Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Enero, Panamá. Rep. de Panamá: 8pp.
- 52.- Medina-García, M. 1982b. El Factor de Conversión Económico en la evaluación de alimentos. IV Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Enero, Panamá. República de Panamá: 18 pp.
- 53.- Medina-García, M. 1983. Evaluación del crecimiento y estado físico de poblaciones de peces en cultivo I. 1er Simposio Reg. sobre hidrobiología. Acuicultura, Marzo, 1983. Cuernavaca Morelos, México: 25 pp.
- 54.- Medina-García, M. 1989. Tesis de maestría en proceso.
- 55.- National Research Council (NRC). 1981. Nutrier requirements of cold water fishes. Washington, D.C. National Academic Press: 63 pp.
- 56.- Nikolsky, G.V. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. N.Y.: 352 pp.
- 57.- Orbe, A.M. et-al 1978. Diseño y establecimiento de una granja de trucha arcoiris en Veracruz México. Memorias 2o Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Tomo IV. Pesca.: 2937-2955.
- 58.- Paloheimo, J.E. y Dickie, L.M. 1965. Food and growth of fishes. I. A growth curve derived from experimental data. J. fish. Res. Bd. Can., 22(2): 521-542.
- 59.- Paloheimo, J.E. y Dickie, L.M. 1966. Food and Growth of fishes II. Effects of food and temperature on the relation between metabolism and body weight. J. Fish. Res. Bd. Can. 23(6); 869-908.

- 60.- Paloheimo, J.E. y Dickie, L.M. 1966. Food and Growth of fishes III. Relations among food, body size and growth efficiency. J. Fish. Res. Bd. Can. 23 (8):1209-1248.
- 61.- Papaoutsoglou, S.E., Papanastaseva-Papaoutsoglou, E. y Alexis, M.N. 1987. Effect of density on growth rate and production of rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich) over a full rearing period. Aquaculture 66: 9-17.
- 62.- Parker, P.R. y Larkin, A.P. 1959. A concept of growth in fishes. J. Fish. Res. Bd. Can. 16(5): 721-745.
- 63.- Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for living Aquatic Resources Management. Manila, Philippines: 323 pp.
- 64.- Pérez, G.A. 1980. El papel de la teoría de la Acuicultura en el desarrollo de esta actividad. Memorias 2o simposio Latinoamericano de Acuicultura. Tomo IV Pesca: 2457-2463.
- 65.- Phillips, A.J. 1972. Calory and energy requirement. En: Halver, J.E. 1972. Fish Nutrition. Academic Press N.Y.: 713 pp.
- 66.- Phillips, A.M. 1970. Alimentos y alimentación de la Trucha. Centro Reg. Ayud. Tec. Dep. del Int. de E.U.A., México: 41 pp.
- 67.- Picones, M.A. 1982. Modelos matemáticos para biología. Naturaleza 6: 292-297.
- 68.- Pillay, T.V.R. 1976. The role of aquaculture in fishery development and management. J. Fish. Res. Bd. Can. 30 (12): 2202-2217.
- 69.- Pillay, T.V.R. 1976. The state of aquaculture. Adv. in Aquaculture. FAO. Fishing News Books Ltd, England: 1-9
- 70.- Pillay, T.V.R. 1976. Research and extension services for aquaculture development. Adv. in Aquaculture. FAO. Fishing News Books Ltd. England: 84-89
- 71.- Pillay, T.V.R. 1983. Planificación del desarrollo de la acuicultura Prog. de desarrollo y Coordinación de la Acuicultura. FAO. ADPC. Rep. 83: 20pp.
- 72.- Piper, R.G. 1972a. Managing hatcheries by the numbers. Am. Fishes and U.S. Trout News. 17 (3): 31-34.

- 73.- Piper, R.G. 1972b. Know the proper carrying capacities of your farm. Am. fishes and U.S. Trout News. 15(1): 4-8.
- 74.- Piper, R.G. et-al. 1982. Fish hatchery management. Depart. on the Int. U.S. Fish and Wildlife Services: 59 pp.
- 75.- Poder Ejecutivo Federal. CONACYT 1984. Programa Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico 84-88. México: 400 pp.
- 76.- Porter, C.B., Kram, M.D. y Gordin, H. 1986. The effect of water quality on the growth of *Sparus aurata* in marine fish ponds. Aquaculture, 59: 299-315.
- 77.- Porter, C.B. et-al 1987. Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream (*Sparus aurata*) and its effect on water quality conditions. Aquaculture, 66: 287-297.
- 78.- Prieto, H.F. 1980. Desarrollo tecnológico de la alimentación. Memorias 2o simposio latinoamericano de acuicultura. Tomo IV. pesca. México: 3043-3047.
- 79.- Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Dep. Envir. Fish. and Mar. Serv. Bull. 191: 382.
- 80.- Saetersdal, G. 1966. Población y explotación. Una reseña de los métodos usados en los estudios de poblaciones de peces explotados. Trabajos de divulgación No. 116. Vol. XII. Inst. Inv. de Rec. Marinos Callao Lima, Perú: 17 pp.
- 81.- Salgado, F.R. 1979. El efecto de diferentes tasas de siembra y manejo de la producción de híbridos intraespecíficos del género *Tilapia* (*Sarotherodon*). Rev. Lat. Acuic. No. 2; 29-41.
- 82.- Shimada, A. 1984. Fundamentos de Nutrición animal comparada. Consultores de producción animal. México: 373 pp.
- 83.- (SUTSP) Sindicato Unico de Trabajadores de la Secretaría de Pesca. 1983. La pesca en México y las políticas de investigación científico-tecnológico. Antología. Ecología y Prod. en México. Lab de Ecología. Fac. ciencias UNAM: 97-132.
- 84.- Storebakken, T. y Austreng, E. 1987a. Ration level for salmonids. I. Growth survival body composition and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. Aquaculture, 60:189-206.

- 85.- Storebakken, T. y Austreng, E. 1987b. Growth, feed intake, proteing digestibility, body composition, and feed conversion in rainbow trout weighing 0.5-1.0 kg. *Aquaculture*, 60: 207-221.
- 86.- Tacon, A.G.T. 1985. Fish feed development. México, Reporte FAO.: 7-18.
- 87.- Thompson, D.W. 1972. On growth and form. Cambridge Univ. Press: 245 pp.
- 88.- Tveranger, B. 1985. Variation in growth rate, liver weighth and body composition at first sexual maturity in rainbow trout. *Aquaculture*, 49: 89-99.
- 89.- Wheaton, F.H. 1982. Acuacultura. Diseño y construcción de sistemas. AGT Editor. México.:704 pp.
- 90.- Wheatherley. (1976). Maximization of fish growth. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 33: 1047-1058.
- 91.- Willoughby, H. 1968. A method for calculating carrying capacities of hatchery throughs and ponds. *The Prg. Fish Cult.* 30 (3): 173-174.