

2877
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
I. P. N.
BIBLIOTECA
2877

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

ENFOQUE PARA LA PLANIFICACION DE UN ACUICULTIVO COMERCIAL

Tesis

Que como requisito parcial para la obtención del grado de:

Maestría en Ciencias Pesqueras

Presenta

Oscar A. Arizpe Covarrubias

La Paz, México 1982.

I N D I C E

	Página
<u>RESUMEN</u>	1
I <u>INTRODUCCION</u>	3
II <u>OBJETIVOS</u>	9
III <u>DESARROLLO</u>	10
1 Estructura	10
2 Análisis del Sistema	12
3 Identificación de los elementos relevantes	24
4 Desarrollo del modelo	32
5 Diseño Experimental Estadístico	41
IV <u>DISCUSION</u>	51
V <u>CONSIDERACIONES FINALES</u>	59
VI <u>BIBLIOGRAFIA</u>	61

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

	Página
Figura 1 Estructura	10
Tabla 1 Cultivos de México y otros países	19
Figura 2 Sistema de producción rentable	26
Figura 3 Parámetros de los factores	27
Figura 4 Etapa de reproducción	28
Figura 5 Etapa de juveniles	28
Figura 6 Etapa de adultos	29

RESUMEN:

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE
CIENCIAS MARINAS
I. P. N.
BIBLIOTECA

La acuicultura, no obstante su importancia, **antigü**edad desde el punto de vista histórico **y** las inversiones **gas**tadas, en gran porcentaje en nuestro pa **is** se ha real izado - en forma de acciones aisladas, **empíricas** y sin responder a una planificación integral, por lo que globalmente no ha -- **cumpl**ido los objetivos propuestos.

Pretendiendo **contribuir** a la planificación y **desa**-rrollo de la acuicultura, se planteó la presente tesis, con el objetivo **específico** de diseñar un modelo de un **acuiculti**vo como sistema de producción rentable, para lo cual se -- efectuó previamente, un análisis operacional de los cultivos acuáticos obteniendo **así** información sobre su operación, **fun**damental para identificar sus elementos relevantes. Como re-sultado se proponen las consideradas etapas básicas de un -- **cultivo**, cada una de las cua **l**es se descr **i**be por un con **junto**-de funciones que se integran en un modelo que define la pro-ducción rentable como objetivo y función del sistema. Final-mente a manera de elemento **metodológico** para su medición fué planteado el diseño experimental **estadístico** en este caso -- **factorial, que** sirve para encontrar la combinación **más adecua**da de **niveles** de los factores en cada etapa del **acuicultivo**-espec **í**fico.

Se considera haber obtenido un enfoque operacional - en la realización de proyectos de acuicultura, debido a **que**-el desarrollo del mismo ha permitido obtener información de-la estructura del sistema, la forma en que opera, donde y --

con todo ésto, cómo ejercer control para **su** manejo mediante -
su **cultivo**.

1. INTRODUCCION

La importancia del cultivo de organismos acuáticos, como estrategia de producción de alimentos, se ha aclarado - gradualmente, introduciéndose en la actualidad en los **planes**-de desarrollo **de** muchos países del mundo. **Quizá** una de las **ra**zones sea la antigüedad y **tradición** de la acuicultura, ya que existen antecedentes de su realización desde el año 2000 a.c. y los rendimientos reportados permiten se le considere como - una adecuada alternativa para resolver, **6 contribuir** a la solución del problema de la alimentación de núcleos importantes de la población.

Son muchos los autores que por diversos medios, han manifestado la importancia de la acuicultura como esperanza - en la provisión de alimentos. **Reay (1979)** por ejemplo 'menciona que la acuicultura tiene un gran futuro en un mundo que **ne**cesita **más** alimentos continuamente y donde la producción tanto de agricultura y de pesquerías, se aproxima a sus límites.

La Organización de las Naciones Unidas para la -- Agricultura y Alimentación (F.A.O.) ha expuesto repetidamente la creciente dificultad en la alimentación de la población **hu**mana que está creciendo exponencialmente. Así mismo ha plan-**teado** que no obstante, las dimensiones del **Oceáno**, y que su - **producción** primaria total iguala a la de los Continentes, **sólo** el **1%** de la alimentación humana proviene del mar, estimando - que si se vencen los problemas no solo biológicos, **síno** de --- disponibilidad de sitios, agua, financiamiento, **capacitación**, -

alimentación, fertilizantes, mercado, legales y **administrati**vos, se podrá llegar a quintuplicar en **35** años la producción actual de recursos bajo acuicultivo (**Reay, 1979**). Haciendo **re****ferencia** al estado de la acuicultura, **Iversen (1968)** expresa que, aunque los cultivos en aguas marinas y salobres se re - montan al año 2,000 **a.c.**, han progresado muy poco debido a - la mayor accesibilidad y menor precio en la extracción de las existencias silvestres. **Bardach et al. (1973)** son de la mis - ma opinión en cuanto al hecho de que la acuicultura, no obs - **tante** su antigüedad, contribuya en un mínimo porcentaje en la **al****imentación** humana. **Morales (1978)** enfatiza que, aunque no - se ha desarrollado, la acuicultura tiene un potencial muy -- grande y con una buena planificación se podrá. Llevar adelan - te una serie de programas de gran envergadura.

Spotte (1970) menciona que a excepción de **las** - granjas productoras de trucha, la acuicultura se ha **efectua**do tradicionalmente de manera **empírica**, los inicios de **una** - aplicación sistemática del método científico para **resolver** - problemas de piscicultura permanecen todavía en la mente -- del hombre,

Pillay (1975) describe a la acuicultura como - una ciencia **compleja** que **incluye** muchas **disciplinas** tales - como **biología** pesquera, **ecología**, **fisiología** animal, pato - logía, nutrición animal, **tecnología** de alimentos, **edafolo** - gía, **química** acuática, **ingeniería** agronómica y **economía agrí** - cola, Este autor (**1976**) **declara** **sín** embargo que es una **cienc** - **cia** nueva, la **cual**, a pesar de tener 4,000 años de historia - se ha efectuado con base en "ensayo-error" siendo la mayo -- **ría** de los trabajos de acuicultura de carácter **empírico** y **ge**

neralmente de bajo nivel por lo cual es imperativo realizar - y apoyar programas de investigación interdisciplinaria para - estructurar y desarrollar formalmente el cultivo de **organismos acuáticos**.

Con relación a la carencia de trabajos **interdisciplinarios** en acuicultura, Korringa (1976) manifiesta que **en años recientes** muchos libros y **artículos científicos** han **aparecido** con los temas "Acuicultura" y "Cultivos Marinos", y aunque **tales** descripciones generales son de interés, no **proporcionan** la información necesaria para el que quiere **desarrollar** un cultivo, para el consejero científico de **quienes** cultivan, o para quien toma las decisiones oficiales en **cuanto** a la conveniencia en establecerlos. Por todo ello, **estas personas** se sienten decepcionadas al encontrar solo descripciones y técnicas generales que se realizan en varias partes del mundo y consideraciones académicas de los autores, en lugar de tratar la manera en que realmente debe operar un cultivo en los aspectos biológicos, tecnológicos, **económicos** y legales.

Diversos **autores** como **Walne (1974), Hanson (1974), Webber & Riordan (1976), Brown (1977)** y **Huet (1978)** entre otros, enfatizan que es indispensable **incluir** en la **acuicultura** los aspectos económicos, atribuyendo a esta falta de **integración** económica, las serias deficiencias que presentan los cultivos acuáticos. **Hanson (1974)** definiendo la **acuicultura** afirma que el cultivo en todas sus formas es la **explotación** económica de los fenómenos biológicos y que el valor de **los** productos derivados de una empresa acuacultural, debe a la larga ser **igual** o superar el costo de la **energía** y materia -

cultivada o no será factible como tal.

El análisis histórico y la situación actual de la acuicultura en los países de América Latina, muestra que su desarrollo se ha llevado a cabo diferentes condiciones y áreas, con objetivos y orientaciones diversas, recibiendo los proyectos gran significación social y política, desproporcionada algunas veces con relación a su importancia económica (F.A.O. 1976). Esto ha propiciado la inversión de grandes capitales y tiempo, sin poder obtener las utilidades esperadas.

En nuestro país existe información de que en las épocas previas a la conquista española, se practicaban los cultivos acuáticos, al respecto Sevilla (1981) señala que existen referencias acerca de que Netzahualcóyotl y posteriormente Moctezuma mantenían sus aves acuáticas con peces producidos en estanques de sus jardines, y sin embargo coincide con aquellos autores que opinan que los inicios de la Piscicultura organizada en México se encuentran en el año de 1883 cuando la Secretaría de Fomento Colonización e Industria y Comercio comisionó a Esteban Cházari para estudiar las posibilidades de piscicultura en el país.

Desde esa época hasta 1971 se crearon 36 estaciones de piscicultura (10 ya cerraron) además de participar un gran número de instituciones gubernamentales en la actividad, generalmente sin coordinación y con lineamientos diferentes, (F.A.O. 1978). En ese mismo año se instituyó la Dirección de Acuicultura, con base en la nueva Ley Federal de Aguas de la S.R.H., teniendo de función principal realizar el Plan Nacional de Desarrollo de los Distritos de Acuicultura en dos fa-

ses : una orientada en el control del hábitat mediante obras de ingeniería, y la segunda a la aplicación de la acuicultura intensiva apoyada en semicultivos y cultivos (S.R.H.1975).

Sin embargo esta acción no condujo a lograr los objetivos y metas propuestas por dicha institución según se podrá corroborar con las estadísticas de Producción Pesquera -- Nacional (Departamento de Pesca, 1978), debido a que se canalizaron y enfocaron las actividades fundamentalmente hacia obras ingenieriles de modificación en el hábitat como puede observarse en S.R.H.(1976), y a que no se consideraron las investigaciones previas relacionadas con las áreas a intervenir.

En el Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura en México presentado en la Reunión Consultiva Regional de Planificación sobre acuicultura en América Latina --- (F.A.O. 1976) se describe el estado actual de los cultivos -- acuáticos, basado en dos tipos de experiencias que se citan -- textualmente:

a) Las empíricas: que son intentos de cultivos sin fundamentos tecnocientíficos, irreflexivas introducciones de especies exóticas sin estudios previos y prácticas de cultivo emanadas de la observación a través del tiempo.

b) Las fundamentales: generalmente realizadas por biólogos desde hace más de 25 años, sin embargo han sido esfuerzos aislados, carentes de continuidad, de los cuales existe poca información sistematizada, las escasas publicaciones existentes al respecto se encuentran dispersas en varias re--

vistas de poca circulación.

Es interesante hacer notar que aunque en el mencionado Plan se dice que es necesario efectuar una **planificación** multidisciplinaria en acuicultura, al mismo tiempo se **propo--nen** grandes inversiones para realizar acciones, **empíricas** sin fundamentos **científicos**, tecnológicos y económicos.

Se plantea por ejemplo partiendo de **1976** ejecutar a corto p l aro, de manera aislada, la construcción de fábricas, -real izar dragados, canalizaciones internas, apertura de bocas, etc., en una forma intuitiva, sin fundamentos, **enunciándose --** inclusive, producciones y beneficios esperados.

En el Plan Nacional de Desarrollo Pesquero **1977-1982**, la acuicultura recibe gran importancia como medio de **incremen--**tar la producción pesquera, **generación** de empleos y de alimentos, **contempl ándose** que en **1982** se producir **fan** 662,000 tons. -de organismos resultado de cultivos acuáticos, lo que represen--ta un incremento de nueve veces la producción en **sólo** cinco -años (Departamento de Pesca, **1977a**, y **1977b**). En **discusiones--** para la **implementación** del Plan, se acordó formar una **misión--** para revisión del mismo, integrada por personal de **U.N.D.P.--** F.A.O. y del Gobierno de México.

Esta misión estimó, después de un minucioso **análi--**sis, que eran demasiado optimistas las metas de producción --fijadas, proponiendo alternativas para acercarse a metas rea--les inferiores en todos los capítulos del Plan Nacional de --Acuicultura (F.A.O., **1978**).

II OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la planificación de los acuicultivos.

OBJETIVO ESPECIFICO.

Diseñar un modelo en el que se identifiquen los -- elementos relevantes a la producción de un acuicultivo, y que permita planificar las investigaciones requeridas para **inferir** - con niveles de confianza determinados-, si se debe ó no implantar el cultivo, y en su caso **cómo** deberla hacerse **para**- llegar a **ser** considerado un sistema de producción rentable.

1 .ESTRUCTURA,

Para iniciar el trabajo, se propone un diagrama de bloques en el que se muestran los aspectos fundamentales a **con** siderar, para determinar la conveniencia de la implantación -- del cultivo a nivel comercial.

La elaboración de dicho diagrama es importante, ya - que **según** menciona **Chase (1974)**, en el se **evidencian** la **secuen** cia de funciones para operar, controlar, mantener, apoyar, **ajus** tar, producir e integrar en un orden determinado, las activida- des tendientes a lograr un enfoque adecuado para la **planifica--** **ción** de un cultivo comercial.

La estructura del presente trabajo se esquematiza **en-** la primera etapa de la figura **1**; desde la definición del **proble** ma que genera el proyecto de cultivo (en caso general), **siguien** do con el establecimiento de objetivos **(2)**, el análisis del **sis** tema a tratar, identificación de los elementos relevantes a **la-** producción y con ello el desarrollo y proposición del modelo -- del **sistema (5)**. Esta etapa culmina con la elaboración de los - diseños **estadísticos (6)** de la investigación. Una vez cumplidos los seis puntos, se tendrían las bases para realizar el **acuacu!** **tivo** en forma planificada, objetiva y optimizada en el **uso** de - los recursos disponibles.

Posterior al desarrollo de la primera etapa, **objeto** - del presente trabajo, la figura continua con una serie de **pasos** que se consideran necesarios para llegar al cultivo de **la espe-** **cie** seleccionada, a nivel comercial, los cuales parten de la - ejecución de las mediciones estimadas en el diseño, durante **el-**

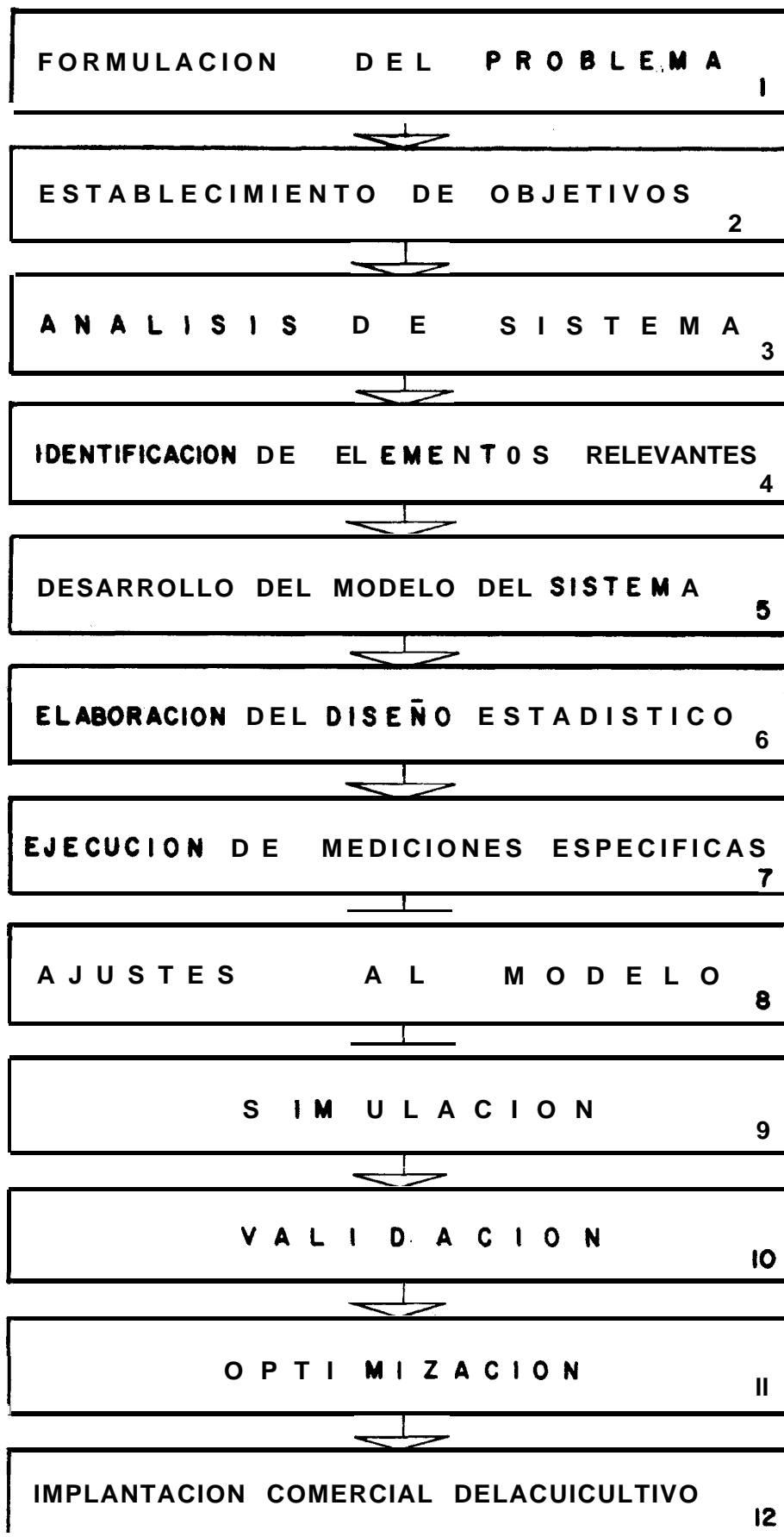


FIG. 1

tiempo necesario para que sean válidas a un nivel de confianza establecido (generalmente el **95%**). **Se** propone que con los resultados emanados de la medición y operación del cultivo -- efectuar los ajustes necesarios al modelo, una vez **realizado- éste**, proceder a la simulación (9) observando si el modelo se aproxima a los datos reales para realizar su validación en el cultivo en desarrollo (10) y en caso positivo, la optimiza -- **ción** del sistema. Con la optimización, se buscar-d obtener **la-** combinación más adecuada en un momento dado de los niveles de los factores relevantes que optimicen la producción de acuerdo a los costos y finalmente determinar la rentabilidad del - cultivo para su implantación **comercial**.

2.- ANALISIS DEL SISTEMA

Una vez planteada la definición del problema y establecidos los objetivos del presente trabajo, se procederá a analizar y describir el sistema sobre el que se va a incidir. Para realizarlo sirve de base el análisis informativo de los cultivos de varias especies en diversas partes del mundo y en particular en el país. Es conveniente mencionar que algunos de estos cultivos se encuentran a nivel experimental.

Los cultivos analizados son los siguientes:

<u>ESPECIE:</u>	<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>REFERENCIA</u>
<u>Porphyra spp.</u>	"Nori"	Japón	(Fuj iya, 1970)
<u>Fugu spp.</u>	"Botete"	Japón	(Fujiya, 1970)
<u>Penaeus japonicus</u>	"Camarón"	Japón	(Fuj iya, 1970)
<u>Crassostrea gigas</u>	"Ostión"	Japón	(Fuji ya, 1970)
<u>Hal iotis spp.</u>	"Abulón"	Japón	(Fujiya, 1970)
<u>Pi nctada martens ii</u>	"Per l as"	Japón	(Fujiya, 1970)
<u>Chrysophrys (Pargus) major.</u>	"Perca Roja"	Japón	(Fuj iya, 1970)
<u>Mylio macrocephalus</u>	"Perca Negra"	Japón	(Fujiya, 1970)
<u>Seriola quinquera-diata.</u>	"Jurel "	Japón	(Bardach et al, 1972).
<u>Myti lus edul is</u>	"Mej illón"	Pa íses Ba- jos.	(Korr i nga, 1976)
<u>Myti lus edul is</u>	"Mej illón"	Francia	(Observ .personal)
<u>Mytilus edulis</u>	"Mej illón"	España	(Observ .personal)
<u>Crassostrea gigas</u>	"Ost ión"	Francia	(Observ .personal)
<u>Crassostrea gigas</u>	"Ostión"	España	(Observ .personal)

<u>ESPECIE</u>	<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>REFERENCIA</u>
<u>Crassostrea gigas</u>	"Ostión"	E.E.U.U.	(Observ. personal)
<u>Hal iotis spp.</u>	"Abulón"	E.E.U.U.	(Observ. personal)
<u>Mercenaria mercenaria</u>	Almeja"	E.E.U.U.	(Observ. personal)
<u>Homarus americanus</u>	"Langosta Americana"	E.E.U.U.	(Observ. personal)
<u>Crassostrea gigas</u>	"Ostión"	Baja Cali (Depto. Pesca - forn ia Nor- 1978a) te.	
<u>Crassostrea cortezien- sis</u>	"Ostión"	Sonora	(Depto. Pesca - 1978a).
<u>Crassostrea cortezien- sis</u>	"Ostión"	Sinaloa	(Depto. Pesca- 1978a).
<u>Crassostrea virsinica</u>	"Ostión"	Tamauli- pas.	(Depto. Pesca- 1978a)
<u>Crassostrea virsinica</u>	"Ostión"	Veracruz	(Depto. Pesca- 1978a)
<u>Crassostrea virginica</u>	"Ostión"	Campeche	(Dspto, Pesca- 1978a)
<u>Wytilus spp.</u>	"Mejillón"	B.C.N.	(Depto. Pesca- 1978a).
<u>Mytilus spp.</u>	"Mejil lón "	B.C.S.	(Depto. Pesca- 1978a)).
<u>Mytilus spp.</u>	"Mejillón"	Sinaloa	(Dcpto, Pesca- 1978a).
<u>Pecten vogdes i</u>	"Almeja vola dora".	B.C.N.	(Depto. Pesca- 1978a).
<u>Pi nna rugosa</u>	"Almeja Hacha"	Sinaloa	(Depto. Pesca- 1978a)
<u>Pinctada aaratlánica</u>	"Madre Perla"	B.C.S.	(Depto. Pesca- 1978a)
<u>Pter i a sterna</u>	"Concha Nácar "	B.C.S.	(Depto. Pesca- 1978a)

<u>ESPECIE</u>	<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>REFERENCIA</u>
<u>Hal iotis spp.</u>	"Abulón"	B.C.N.	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Haliotis spp.</u>	"Abulón"	B.C.S.	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Penaeus spp.</u>	"Camarón"	Sinaloa	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Homarus americanus</u>	"Langosta - Americana"	B.C.N.	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Panulirus argus</u>	"Langosta"	Q. Roo	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Mugil spp.</u>	"Lisa"	Oaxaca	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Mugil spp.</u>	"Lisa"	Guerrero	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Chanos chanos</u>	"Sabalote"	Oaxaca	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Salmo gairdneri</u>	"Trucha"	D.F.	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Chelonia mydas</u>	"Tortuga"	Tamaulipas	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Eretmochelys imbricata</u>	"Tortuga"	Campeche	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Lepidochelys olivacea</u>	"Tortuga"	Jalisco	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Ictalurus punctatus</u>	"Bagre"	Yucatán	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Macrobrachium rosenbergi</u>	"Langostino"	Guerrero	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Macrobrachium rosenbergi</u>	"Langostino"	Sinaloa	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Crocodylus spp</u>	"Cocodrilo"	Campeche	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Crocodylus spp</u>	"Cocodrilo"	Chiapas	(Depto. Pesca 1978a)
<u>Macrobrachium acanthurus</u>	"Langostino"	Veracruz	(Moctezuma, 1980)
<u>Argopecten circularis</u>	"Almeja rinda"	Cata- B.C.S.	(Félix, 1980)
<u>Pinctada rugosa</u>	"Almeja Hacha"	B.C.S.	(Depto. Pesca 1979)
<u>Pinctada rugosa</u>	"Almeja Hacha"	Sonora	(Depto. Pesca 1979)
<u>Crassostrea virginica</u>	"Ostión"	Tabasco	(Depto. Pesca 1978a)

<u>ESPECIE</u>	<u>NOMBRE COMUN</u>	<u>LOCALIDAD</u>	<u>REFERENCIA</u>
<u>Panulirus interruptus.</u>	"Langosta"	B.C.S.	(Alvarez, 1980)
<u>Eretmochelys imbricata.</u>	"Tortuga"	Q. Roo	(Sumano, 1980)

Conforme se realizaba la revisión de cada uno de los cultivos se dilucidó gran cantidad de información y aspectos - en particular que se abordan en los mismos ya que se tocan **aisladamente** puntos de: **química** acuática, tecnología de alimentos y nutrición; fisiología, patología, ingeniería y tecnología **propia** de los cultivos, regulación y **economía** pesquera, **además** de los de **ecología** en cuanto a los factores que regulan la abundancia y distribución de los organismos que se pretende cultivar; **Sin** embargo se observa que no se efectúan con base en **acciones-integradas** de manejo, sino a manera de investigaciones e intervenciones aisladas importantes y **básicas** como Cales, pero que - en el contexto de un cultivo comercial no son suficientes **para** lograr las metas propuestas, ya no de investigación sino de **sistemas** de producción rentables. En el caso de los cultivos en -- México se **acentúan** las deficiencias observadas debido a que **ni**-siquiera plantean, en la mayoría de los casos, objetivos, **estructura** ni procedimientos de operación de acuicultivos, sino que -- son tratados como investigaciones **ecológicas** o tecnológicas aisladas de los aspectos económico sociales.

Se pone de manifiesto que los cultivos no han sido -- planteados a manera de actividades productivas en el ámbito **interdisciplinario** de **economía-biología** - tecnología, y aunque es de esperarse que los cultivos rentables de Japón por ejemplo, -

posean esta integración, no se ha encontrado reportada, **Esto-** ha provocado el desperdicio de recursos y tiempo y la no **ob-** tención de los objetivos propuestos en el desarrollo de un -- acuicultivo.

El éxito de algunos cultivos en el mundo se debe, en la mayor la de los casos, a que se han ido ajustando **deta-** lles a base de "ensayo-error" a **través** de décadas sobre la - práctica, **y** en otros, al elevado nivel **tecnológico** alcanzado por el **país**, lo que permite, **disminuir** en gran medida los -- costos de producción. Estas mismas condiciones impiden que - se puedan adoptar alguna técnicas provenientes de otros **paí-** **ses** en un tiempo corto, como es el caso de mejillón entre -- otros cultivos en México.

Rosas (1976) menciona que aunque existen **30 espe--** cies de peces de agua dulce susceptibles de cultivo en Méxi- co, la acuicultura no se ha incorporado a la economía del -- **país**. El atribuye la fa'lt a de **incorporación** a la actividad - **productiva** del **país** a las Instituciones Oficiales responsables de real izarlos, **mencionando** también que el estado se olvida-- de los costos y hace las veces de productor y usuario de **los-** **cultivos**, cuando **deberían** ser las comunidades directamente -- relacionadas con los mismos, las **más** implicadas a la **activi--** dad **económica-productiva**.

Un problema muy común en nuestro **país** es la fa lta- de continuidad en sus acciones **acuícolas**, quedando desarticu- ladas y aisladas las investigaciones e intervenciones al **pa--** **sar** el tiempo, Esto se manifiesta claramente en el caso del - cultivo de ostión que, pese a ser el recurso **acuícola** de **ma -**

yor tradición y antecedentes en **México así** como a la **importancia** que a su cultivo se dió hace aproximadamente dos **déca**das, no se han cumplido los objetivos ni alcanzado las metas establecidas.

Ramírez y Sevilla (1965) propusieron las bases de un Plan Nacional **Ostrícola**, normas derivadas de los estudios biológicos para efectuar los **cultivos** aplicables a **Crassostrea corteriensis** en los esteros y lagunas costeras del **noro**este y de **Crassostrea virginica** en todo el litoral del golfo desde **Tamaulipas** a Campeche, **sin** embargo en 1971; cuando se instituyó la Dirección de Acuacultura (S.R.H.1975) el **culti**vo de ostión **fué** uno de sus objetivos prioritarios **volviend**ose a proponer otro Plan Nacional de Ostricultura que no **tomó** en cuenta las investigaciones existentes (a tal grado de **de**signar a la especie del **Pacífico**, **Crassostrea corteziensis**, como **Ostrea corteriensis**). En 1977 se propone otro Plan Nacional de Ostricultura (Departamento de Pesca, 1977a) y a **pe**sar de ser el grupo de **cultivos .más** importante dentro del -- Plan Nacional de Desarrollo Pesquero, los objetivos **no** son **explícitos**, ni se describen los cultivos de los que se **com**pone; por todo el lo, se pone de manifiesto la ignorancia **real** o fingida de que exista información anterior. En dicho -- Plan persiste el mismo error en la ubicación genérica de **la** especie del **Pacífico** (en **Abbott, 1974** y **Castillo, 1977**, se **o**ffrecen razones taxonómicas y biológicas suficientes para **re**tener el nombre **genérico como Crassostrea**). Finalmente, en 1980, se **aboró** otro Plan de Acuacul **tura, restándosele súbi**tamente importancia al cultivo de ostión, que pasa a un **ter**

cer término (Departamento de Pesca, 1980).

El considerado como problema común más importante en los cultivos es que no existen las referencias (o no se reportan), que guíen al acuicultor o investigador en acuicultura a responder las preguntas básicas en ese campo una vez que se ha decidido cultivar una especie en determinada zona, tales como :

- ¿Que hacer para desarrollar el cultivo?
- ¿Es conveniente implantarlo comercialmente?
- ¿Cómo efectuar la implantación con niveles de confianza establecidos?.

Se desconoce inclusive que factores están implicados directamente con el alcance de sus objetivos y de que otros depende la producción rentable, todo lo cual deber la ser el eje de los cultivos;

En general se advierte que, no obstante la antigüedad, grandes inversiones gastadas y la gran importancia económico-social de los acuicultivos en México entre otros países, no existen lineamientos ni estrategia general en su ejecución o proyección, ni un ordenamiento mínimo y sistematización que sirviera de base para el análisis y, en su caso, para la planificación y desarrollo de dicha actividad.

Intentando profundizar en el análisis de la estructura de los cultivos, se conjugó la experiencia y formación profesional al respecto, con los aspectos importantes que se pudieron obtener de los cultivos mencionados en el punto anterior, así como de investigaciones biológicas realizadas para el los, logrando la caracterización de los mismos en tres eta-

pas comunes, que por el ciclo de vida de los organismos se-
contemplan en mayor o menor medida en todos los cultivos.

Dichas etapas son:

- a) Obtención de larvas mediante la reproducción
- b) Obtención de organismos juveniles
- c) Obtención de organismos adultos (6 hasta que alcancen la talla comercial),

A su vez estas etapas se efectúan en: ambiente natural sin adición de alimentos, o con suministro de nutrientes definiéndolo para nuestros fines como artificial.

Integrando los cultivos de esta manera se obtiene la siguiente caracterización de los mismos (tabla,1).

2.3. Definición del Sistema y sus Componentes.

En la búsqueda de mayor apoyo y bases **teóricas para-** desarrollar este punto se encontró que la forma de intentar la solución del problema, planteando alternativas y la consecución hasta **el** modelo del sistema **a** tratar, difiere poco, pese **a** estar agrupada en tres disciplinas: Análisis de Sistemas, **Inves--****tigación** de Operaciones y **Ecología** de Sistemas. En general, **en-** estas referencias, el **anál** isis del **sistema, la** identificación de los elementos relevantes hasta llegar **a** la construcción del **mo-** **de** lo, se hacen con juntamente; **sin** embargo en este estudio con **-** objeto de tener mayor claridad se decidió realizar este **proce--****dimiento** de forma desglosada,

Van Dyne (1975) ofrece un concepto **útil** de sistema. **-** y se refiere **a** "una organización de elementos con una función", observándose que en un cultivo comercial la finalidad o función es la obtención de producción como biomasa rentable. Por lo **tan** to se definiró inicialmente el sistema como el conjunto de componentes y elementos implicados **que** generan la biomasa rentable del organismo cultivado.

Al conceptualizar el sistema como una organización **-** de elementos con una función; **que** 'en este caso es **la obtención** de biomasa rentable, se puede enfocar y conducir el cultivo **ob** jetivamente, porque un acuicultivo es un sistema de producción **en el** cual se ejerce un control al menos en una fase del **ciclo** de vida del organismo **a** tratar. Por lo tanto, todas las **activi** **dades** deben estar encausadas al cumplimiento de la función (**pro** **ducción**). Este conforma un criterio **fundamental** de planificación,

debido a que sirve para determinar la importancia y por; lo -- tanto las actividades y elementos que deban y puedan conside-- rarse en un acuicultivo.

Vista **así** la producción de biomasa rentable como **ob** jetivo y función del sistema se advierte que los **componentes**- del mismo deben de estar comprendidos en el recurso **biótico** - **que se** quiera producir y en las acciones de cultivo que, **in--** terv **iniendo** sobre e l recurso, conducen al logro de los **objeti**vos establecidos. Esta producción se compone de un cierto número de organismos (cantidad), de cierta talla estimada de comercia- lización (calidad).

El número de organismos está determinado por los me- **canismos** que en la **población** constituyen el incremento y decre- mento en número de individuos, (con los **parámetros** que a su vez determinan a éstos) lo que se denominará proceso demográfico. - La calidad en talla es determinada por el mecanismo de **inremen** to individual de biomasa lo que se denominará proceso de **creci-** miento corporal.

Es importante en este momento aclarar lo que se en -- tiende por proceso, **factor y parámetro**, dado el desacuerdo y -- cantidad de **definiciones** que **existen** al respecto: proceso puede ser considerado el cambio que se presenta en una o más varia -- bles (**Goodall, 1972**). **Li (1964)** define factor, a manera de un in- grediente o manipulación que forma parte del tratamiento.

La **mayoría** de los autores son coincidentes **en que fac** tor y variable tienen **el mismo** significado y que cada proceso - es afectado por cierto número de factores (**Goodall, 1972**).

Los **parámetros se** definen para nuestros **fin**es como componentes que **caracterizan** un factor, y **que pueden** o no estar bajo control (V.gr.: **parámetros bióticos** y **abióticos** del factor zona).

A **continuación se enlistan** y definen los componentes observados **comunes** en los acuicultivos, tanto en lo **rela**cionado con el recurso **biótico**, como de las acciones de **culti**vo sobre **elmismo**, componentes que, por lo tanto, se considera intervienen en la producción de biomasa, **agrupándose** en los procesos de crecimiento demográfico y corporal ya precisados.

2.3.1. Proceso Demográfico.

2.3.1.1. Reproducción. Podría definirse como un evento mediante el cual se obtiene en **el** cultivo un cierto número de organismos **provenientes del ambien**te natural o del laboratorio. La reproducción en **el** contexto del acuicultivo existe en función de dos factores que son **los** que lo determinan:

2.3.1.1.1. Dispositivos de **reproducción. Artefactos** que se consideran adecuados para la obtención de organismos del ambiente natural o de laboratorio, según sea el caso, **in**cluyendo sus costos fijos y variables asociados.

2.3.1.1.2. Zona de reproducción. Caracterizada por un conjunto de **parámetros biótico-abióticos**, quedando la **deter**minación de estos sujeta a los objetivos y recursos materiales y **humanos** disponibles, (pudiendo ser laboratorio). En este **fac**tor se comprenden los costos asociados a la accesibilidad de la zona.

2.3.1.2. Mortalidad. Está definida por el **decremen-**to en el número total de organismos en cada una de las etapas de cultivo. Las **posibilidades** de **detal**lar las causas de la --mortalidad se **contemplan de** acuerdo **a** los recursos **disponi**--bles tanto financieros como humanos.

2.3.2. **Proceso de crecimiento** corporal. Se define --**como** el incremento de biomasa del organismo en el tiempo. **En**--términos generales se consideran dos **etapas** del organismo bajo cultivo una vez reclutado: la primera caracterizada por el incremento **rápido** en longitud de las crlas (que se denominará de juveniles), y la **segunda por un incremento en** peso (que se denomina generalmente de adultos) hasta **alcanzar** la talla comercial, y cosecharse.

2.3.2.1. **Etapa de juveniles.** Incremento en talla de las crlas hasta que sea necesario **cambiarlas** de densidad. Esta etapa existe en función de: una zona, un dispositivo con --determinada densidad **y** de ciertos costos asociados **a** la etapa.

2.3.2.1.1. **Dispositivo** de obtención de juveniles. --Artefacto que se utiliza para **el** crecimiento de los organismos en esta etapa.

2.3.2.1.2. Densidad. **Cantidad** de organismos que **se**--coloca en el artefacto de crecimiento de crlas por unidad **de**--área o de **volúmen** con sus costos asociados.

2.3.2.1.3. Zona. Conjunto de parámetros **biótico-a--****bióticos** que definen un cierto lugar **que** reúne las condiciones

para el crecimiento de los organismos con sus costos fijos y variables asociados,

2.3.2.2. Etapa de obtención de organismos de talla-comercial o de adultos, De la talla en la cual se hayan trasladado los organismos juveniles, hasta que alcanzan la talla-comercial. A su vez la existencia de esta etapa en el cultivo está determinada por:

2.3.2.2.1. Dispositivo de obtención de adultos. Artefacto que se utiliza para que los organismos alcancen la talla comercial con su costo asociado,

2.3.2.2.2. Densidad. Cantidad de organismos o biomasa, que se coloca en el dispositivo de **obtención** de adultos, por unidad de volumen o brea con sus costos asociados.

2.3.2.2.3. Zona. Definida por el **conjunto** de **parámetros biótico-abióticos** que caracterizan el ambiente en -- que **se colocan** los **juveniles** hasta alcanzar ya **aquí** la talla comercial, asociándose con los costos de accesibilidad **a la** misma.

2.3.2.2.4. Tiempo óptimo de cosecha. Cuando se -- **contempla**, se define tomando en cuenta el costo **asociado** para que el organismo bajo cultivo alcance **determinada** talla o **peso, relacionándolo** con los estudios de mercado en cuanto a -- talla de mayor demanda y precio.

3.-IDENTIFICACION DE ELEMENTOS RELEVANTES.

En cualquier **investigación es conveniente** conocer de **todos** los aspectos posibles a estudiar, cuales son los más importantes, para el logro de la finalidad **propuesta**, de **mane**ra tal que no se desperdicien ni se dispersen recursos en **estu**dios de elementos que no conduzcan directamente al **cumplimien**to de los objetivos. En el caso de proyectos de **Ecología Apli**cada esto es **essnc ial**, ya que casi siempre los presupuestos -- que **se** asignan son limitados y por lo **tanto** deben manejarse **óp**timamente, **enfocándose a** los aspectos relevantes que realmente **determinen** los objetivos, y que en el contexto de la adminis - **tración de** los recursos naturales **son los más** importantes en la producción de biomasa.

El primer criterio **utilizado para la identificación** de los **elementos** relevantes es el **análisis y** descripción del sistema realizado inicialmente. Con la **elaboración del análi**sis del sistema y los diagramas **resultantes** del mismo, se **ob**tiene, **según Ackoff (1962)**, un modelo **descriptivo** de la orga - **nización** del sistema **pudiéndose identificar** los elementos que sean o no controlables **así** como los relevantes y los puntos -- donde **puede** ejercerse control.

Otro criterio lo constituyó la revisión de informa - ción relacionada con manejo de recursos **naturales en general** -- que proporcionó una panorámica adecuada de **los elementos más** -- **empleados** en los sistemas de producción, coincidiendo con el **análisis** efectuado de los acuicultivos al considerar la **obten** -- **ción de crías (reclutamiento)** y el **crecimiento** y mortalidad -- como los elementos **fundamentales** en la **producción** de biomasa. De dicha información **la más** relevantes **fué: Watt (1968)**, quien

introduce la teoría del manejo de recursos, Patten (1972) y Halfon (1979) que publican investigaciones sobre ecología de sistemas, y Clark (1976) quien, además de ofrecer un resumen de los modelos más utilizados en poblaciones explotadas, trata sobre aspectos de bioeconomía matemática.

Finalmente la identificación se enfocó buscando los elementos aglutinadores ó integradores de efectos, así como aquellos que fueran o no susceptibles de control. En resumen, la identificación de los elementos relevantes que fueran además susceptibles de control (manejables) para el diseño y operación de cualquier sistema, se realizó sobre la base de los siguientes criterios:

- a) Análisis de los acuicultivos.
- b) La descripción del sistema como una organización de elementos con una función.
- c) Información relacionada con el manejo de recursos naturales mencionada.
- d) Elección de los elementos que aglutinen en torno suyo el mayor número de parámetros factores y variables.
- e) Identificación de los elementos a los cuales pueda tenerse acceso y sean susceptibles de control (manejables).

Según podrá observarse en la figura 2, el sistema de producción está compuesto por dos subsistemas; el del recurso a cultivar que consta de tres etapas con su mortalidad, que -- constituyen las variables dependientes, y el subsistema com --

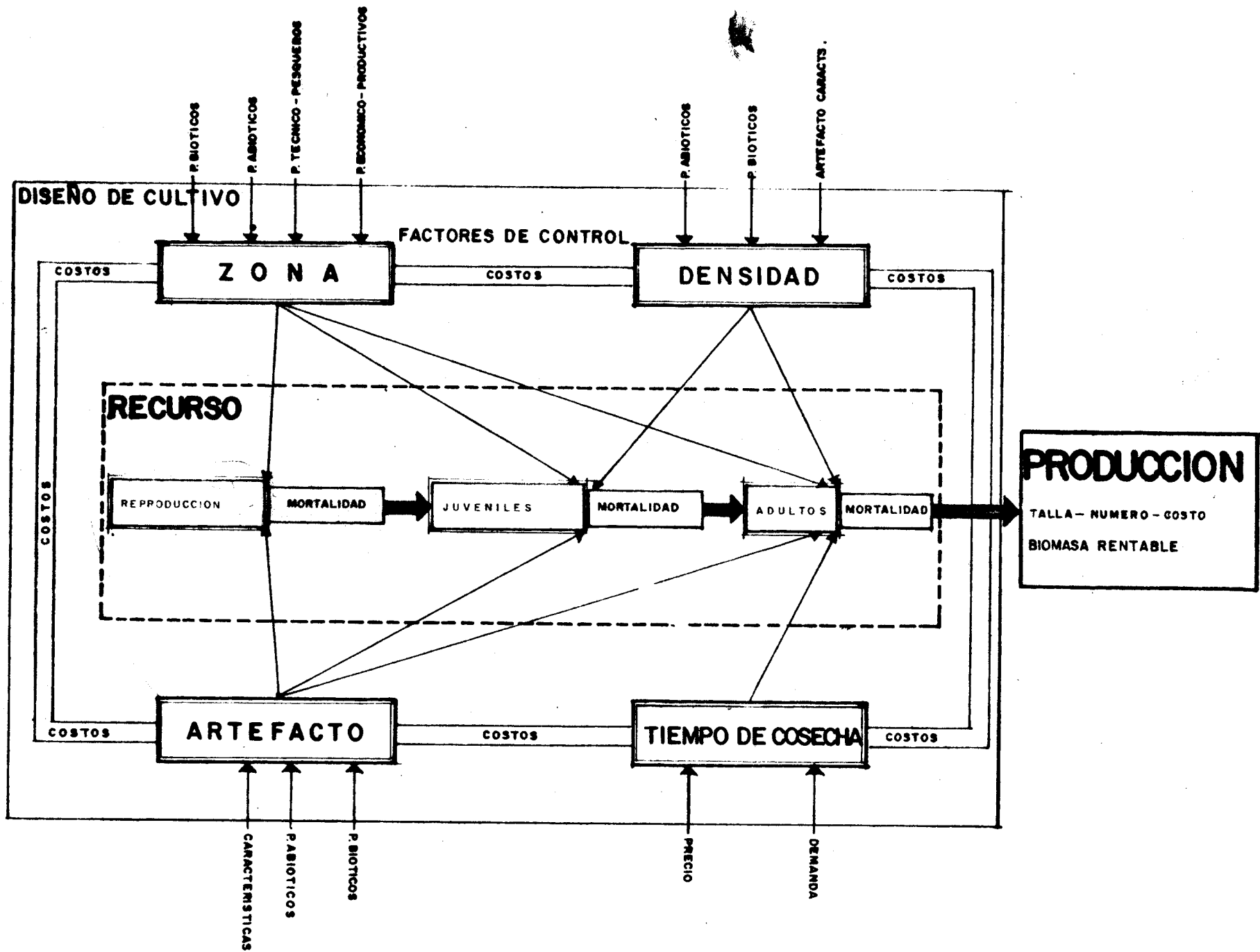


FIG. 2

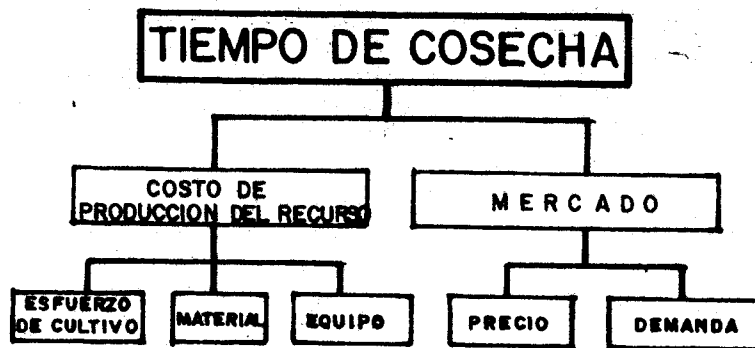
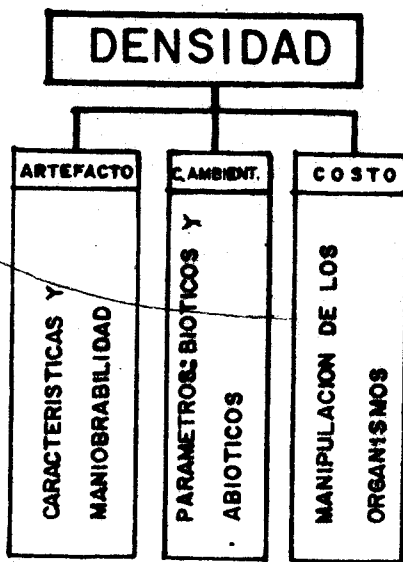
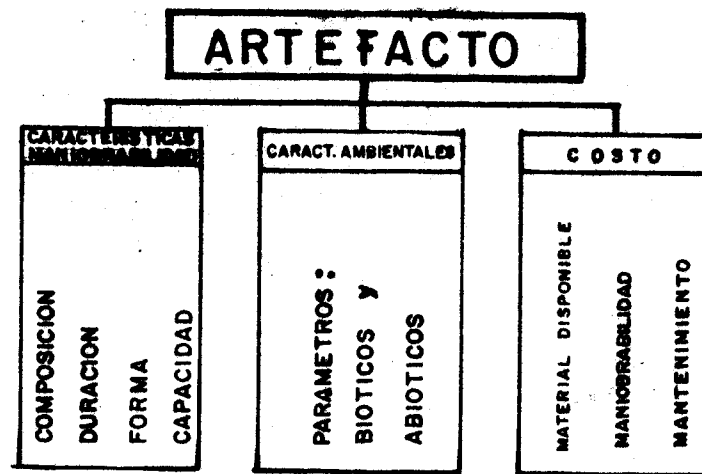
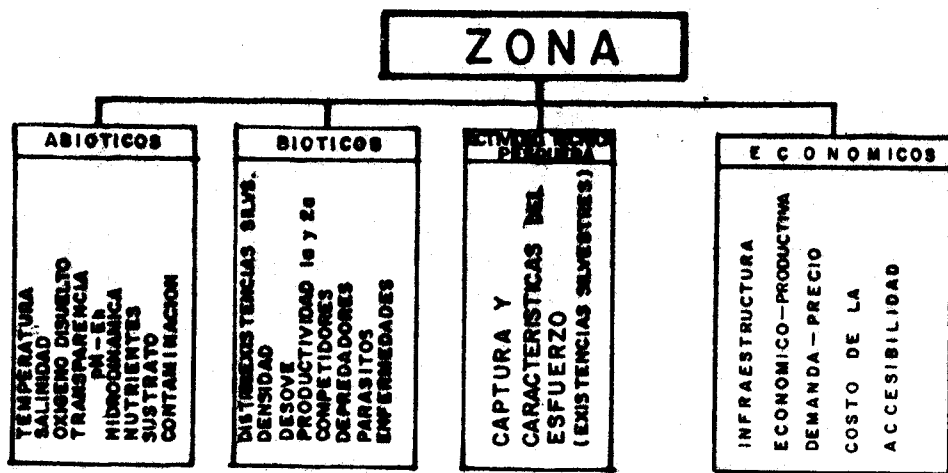
puesto por los factores que controlan estas variables dependientes y sin el cual en el contexto de un cultivo no pueden expresarse las etapas del recurso biótico.

Las definidas como variables dependientes relevantes: reproducción, obtención de juveniles y de adultos con la mortalidad ocurrida en cada una de ellas, son las que generan y de las cuales a su vez depende la producción. Estas variables están definidas por los factores zona, densidad, dispositivo y tiempo de cosecha (con sus costos asociados) sin los cuales aquellos no pueden expresarse. Esto quiere decir que en el sistema de producción mediante cultivo, no puede haber obtención de organismos en la fase de reproducción, por ejemplo, sin el correspondiente dispositivo y factor zona aparejados. - Sólo podría darse esto en un sistema natural que no estuviera - bajo cultivo y control.

Las consideraciones anteriores, son de gran importancia para un acuicultivo, ya que sobre los factores de control - puede haber acceso directo (es decir, manipulación) y con ellos por lo tanto a la producción, siendo éste el camino para el diseño del sistema de producción mediante cultivo.

En la figura 2 se muestran las entradas al sistema -- que en este caso son los parámetros que caracterizan a los factores de control, relevantes para el mismo. Estos parámetros se enlistan en la figura 3 donde se observa que la zona, está determinada por una serie de parámetros biótico-abióticos así como por la actividad técnico pesquera que es realizada en la zo-

PARAMETROS QUE CARACTERIZAN A LOS FACTORES



na, parámetros de infraestructura económico productiva y los costos por accesibilidad. A su vez, el dispositivo puede definirse por sus características y maniobrabilidad, por el costo asociado al mismo y por la zona precisada anteriormente. El tercer factor, la densidad está determinada tanto por la zona como por el artefacto y los costos de manipulación de los organismos. El tiempo de cosecha finalmente se caracteriza por el costo de producción del recurso (esfuerzo y material), así como por la demanda y el precio.

3.1. Etapas fundamentales de un cultivo.

Con base en lo anterior, se elaboran una serie de tres diagramas, donde son enunciados los aspectos más importantes a investigar en cada una de las tres etapas estimadas-relevantes del cultivo.

En la etapa 1 (figura 4) los aspectos considerados-relevantes a estimar, son: la elección de zonas, épocas y dispositivos de reproducción. En la figura 4 se muestra que dicha elección de zona y época de reproducción está definida por los parámetros biótico-abióticos relevantes de la zona en particular, y por la accesibilidad de la misma con el costo asociado. La elección del dispositivo de reproducción, está determinada por la maniobrabilidad (tiempo empleado en operarlo), sus características, y con el costo asociado al mismo.

En la etapa II de Juveniles (figura 5), los aspectos relevantes a considerar son:

E T A P A - I

REPRODUCCION

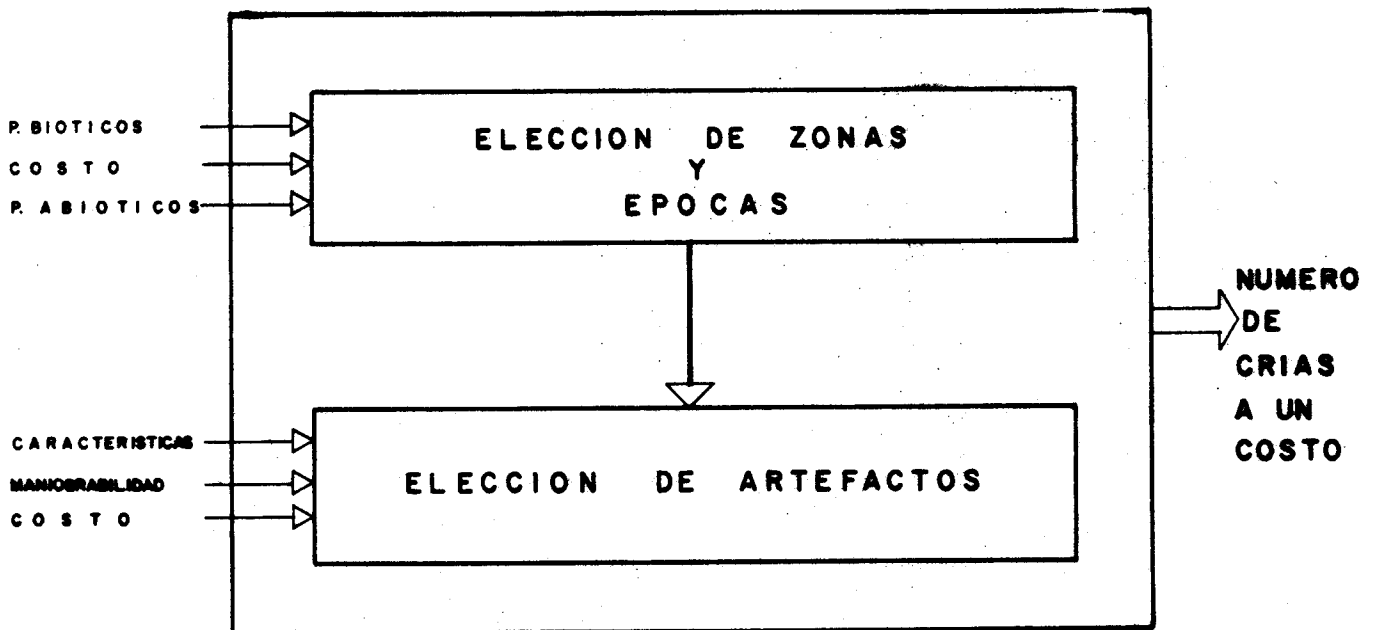


FIG. 4

ETAPA II

JUVENILES

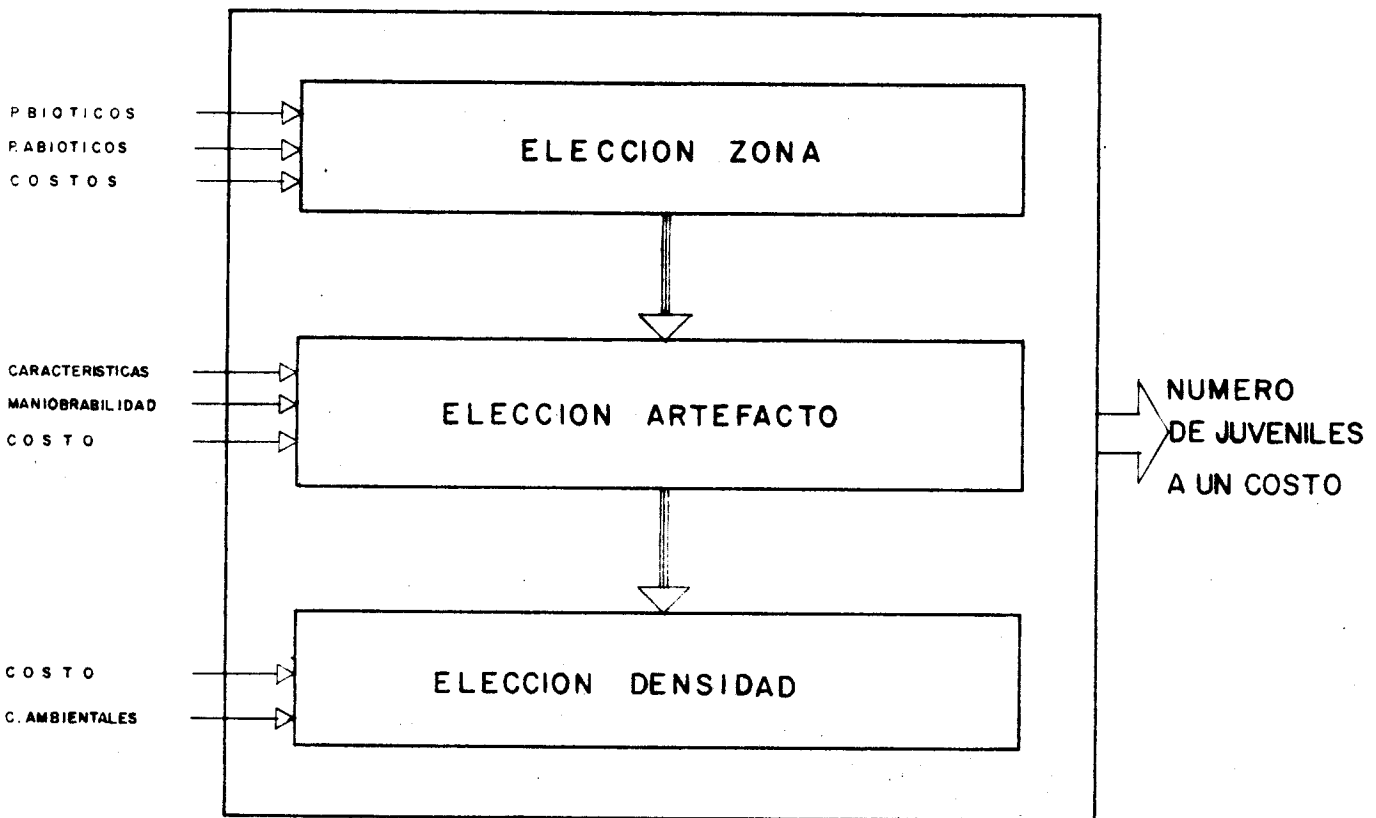


FIG. 5

a) Elección de la zona de crecimiento de crías definida por las características ambientales y, por el acceso de la misma con su costo asociado.

b) Elección del dispositivo determinada por las características y maniobrabilidad del mismo (con su costo), así como de la zona.

c) Estimación de la densidad de crecimiento en esta etapa, definida por la zona y dispositivo con su costo asociado.

En la etapa III de adultos (figura 6) los aspectos considerados relevantes a estimar, son:

a) La elección de la zona de crecimiento definida -- por sus parámetros biótico-abióticos relevantes, la actividad-técnico pesquera, y los factores económico productivo de la misma con el costo asociado por la accesibilidad.

b) La elección del dispositivo que está determinada -- a su vez por la zona y sus características, y la maniobrabilidad del mismo con su costo.

c) La elección de densidad de crecimiento hasta adultos, que está definida por la zona y dispositivo con el costo asociado. Y ya en esta etapa la elección del tiempo óptimo de cosecha que es precisado por el costo de la producción de cierta talla del recurso bajo cultivo, y por las características -- del mercado en cuanto a demanda y precio.

ETAPA III

ADULTOS

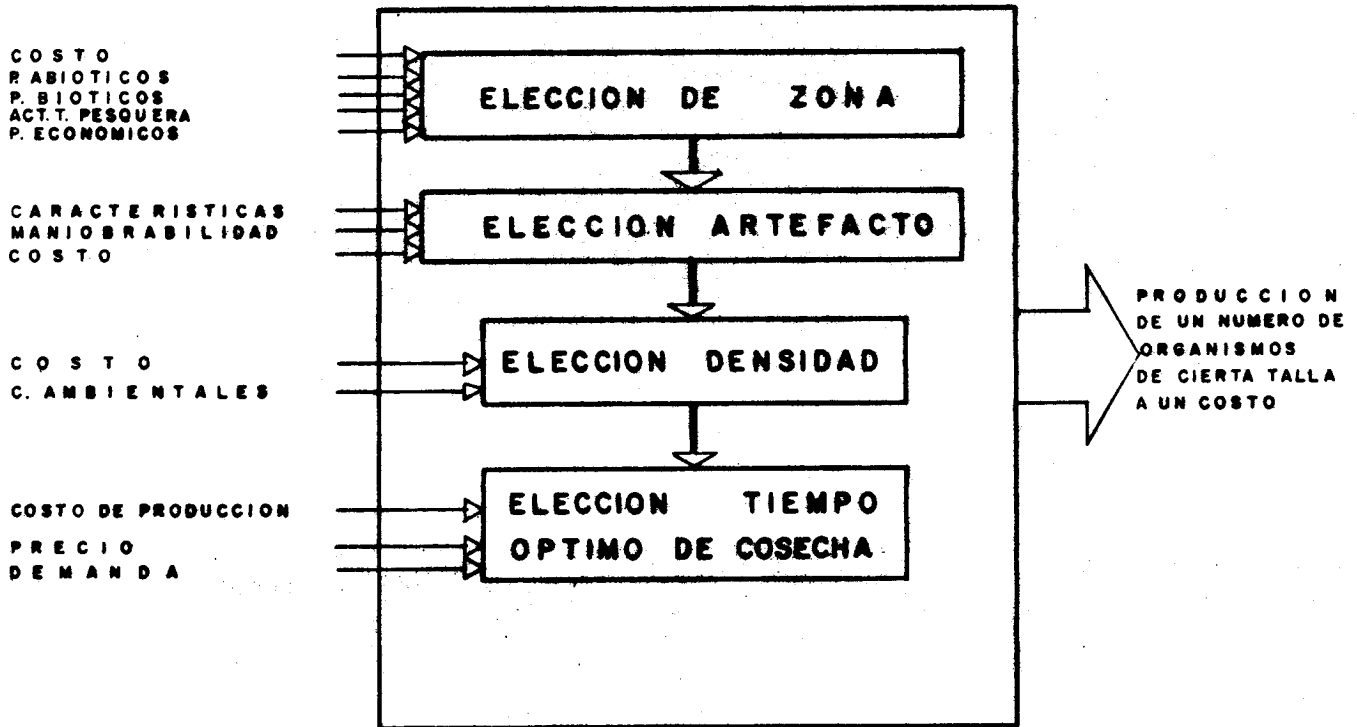


FIG. 6

Existe la posibilidad de controlar de manera más exacta el crecimiento corporal aumentando el número de intervalos - de talla a considerar, (en el caso de los cultivos que para su crecimiento hasta talla comercial necesiten varias disminuciones de densidad). Con esto se ampliaría el número de etapas de crecimiento de los juveniles dependiendo del número de trasplantes sucesivos (con disminución de densidad en número de organismos) que sean necesarios efectuar con base en la especie que se trate, quedando la elección del tiempo de cosecha, definida tanto por la zona, dispositivo, densidad y el costo asociado a la producción de organismos de determinadas tallas, correlacionando lo anterior con los estudios de mercado del producto. En las etapas de juveniles y adultos, es necesario contemplar en el caso que lo exista el análisis de los efectos que la superposición de generaciones tenga sobre dichas etapas (ambiente natural).

3.2. Variables de Control.

Habiendo definido ya los elementos relevantes del sistema y sus interacciones, puede observarse que están relacionados entre sí por la vía del número de organismos que permanecen en cada etapa (y en la tercera etapa de crecimiento corporal - de los mismos) con el costo asociado al proceso. Estas se constituyen como las variables de control, salida o respuesta como - las denominan algunos autores (Rickmers, 1971), mediante estas - variables se tendrán evidencias del comportamiento del sistema - y como funciona la efectividad de los tratamientos, dando estas variables la pauta para la elección de los mejores en la investigación del cultivo. En forma concisa, tales variables serán -

los indicadores de control de calidad del cultivo.

4. DESARROLLO DEL MODELO.

En la actualidad el uso de modelos para el planteamiento y solución de problemas se ha generalizado alcanzando un papel preponderante en las diversas ciencias. Refiriéndose a la utilidad de los modelos Walker (1963), por ejemplo, menciona que el propósito básico de todas las ciencias es la predicción y el procedimiento consiste en la construcción y uso de modelos que son un esquema mental de un fenómeno determinado. Hall y Day (1977) definen un modelo como una abstracción o simplificación de un sistema, pudiendo ser considerado como la formalización de nuestro conocimiento del mismo. Ackoff (1962) a su vez dice que los modelos científicos son representaciones de estados, objetos y eventos que al ser menos complicados que la realidad son más sencillos de utilizar para la investigación, radicando su sencillez en el hecho que sólo se presentan las propiedades relevantes de la realidad. Este mismo autor afirma finalmente que los modelos científicos, son elaborados para acumular y relacionar conocimientos acerca de diferentes aspectos de la realidad, sirviendo de instrumento para explicar el pasado y presente, y para predecir y controlar el futuro.

4.1. Construcción del Modelo.

Como parte del proceso de elaboración del modelo, con los elementos identificados relevantes, se definen una serie de funciones iniciales que indican (junto con los diagramas e interacciones) qué elementos están en función o dependen de cuáles otros de acuerdo a lo que se quiere conocer.

Las funciones elaboradas para cada una de las etapas del cultivo son las siguientes (primero se escriben los conceptos y enseguida los símbolos):

a) Reproducción

Obtención de larvas o crías en el cultivo, midiéndose con el número R de organismos que terminan la etapa.

Dado que R depende de la zona y el dispositivo, se considera R como función de dichos factores simbolizándose como:

$$R = R (Z_i, D_j)$$

En donde Z_i representa la zona i , y D_j representa el dispositivo j , que se determinen óptimos en un momento dado para la etapa.

b) Juveniles.

Obtención de organismos juveniles, midiéndose con el número j de individuos que terminan la etapa. Al depender j de la zona, dispositivo y densidad:

$$J = J (Z_i, D_j, k)$$

Donde Z_i representa la zona i , D_j el dispositivo j , y k la densidad k , que se determinen óptimos en un momento dado para la etapa.

c) Adultos.

Obtención de organismos de una talla que sea estimada comercial, midiéndose con el número A de organismos que terminan la etapa por el peso promedio \bar{p} de los mismos. Al depender A y \bar{p} de los factores zona, dispositivo, densidad y tiempo de cosecha:

$$A = A (Z_i, D_j, k, t), \text{ y } \bar{p} = \bar{p} (Z_i, D_j, k, t)$$

Donde Z_i representa la zona i ,

D_j el dispositivo j ,

k la densidad k ,

t el tiempo de cosecha t , que se determinen óptimos en un momento dado para esta etapa.

La mortalidad se considera implícita a las etapas, debido a que interesa y se contabilizará el número de organismos que las terminan, además de que está en función de los mismos factores de las etapas. Tomando en cuenta esto y el hecho de que las etapas de reproducción, juveniles y adultos dependen de la zona, dispositivo, densidad y tiempo de cosecha del recurso que se trate, entonces la producción como objetivo y resultado de un acuicultivo, estará en función tanto de las zonas i , como de los dispositivos j , densidades k , y el tiempo de cosecha t , que se determinen óptimos en un momento dado. La obtención del nivel óptimo, se hará en función del número de organismos producidos (y el peso promedio en la de adultos) entre el costo asociado de obtenerlos en cada una de las tres etapas, observándose con esto, que es fundamental lograr la eficiencia máxima, entendida como la razón entre la producción de organismos y el costo asociado de generarlos, tanto en la -

etapa de reproducción como la de juveniles y la de adultos del recurso a cultivar. De tal manera que al obtener la zona, dispositivo y densidad con la que se logre el valor más alto del cociente entre número de organismos sobre el costo de producirlos en la etapa de juveniles por ejemplo, habrá sido alcanzada en esta, la eficiencia máxima.

De las razones expuestas se desprende que, el diseño del sistema de producción debe enfocarse a definir cómo generar la mayor eficiencia en cada una de las tres etapas identificadas básicas del recurso a cultivar, por todo lo cual es obtenido lo siguiente:

$$\text{Si Eficiencia } = \frac{\text{número de organismos}}{\text{costo de obtención}} = E$$

y, $R = R(Z_i, D_j)$, la eficiencia de la etapa de reproducción- E_R en la zona i , con el dispositivo j será igual a:

$$E_R = \frac{\text{Número de crías vivos } R}{\text{Suma de costos fijos y variables de reproducción (c) en la unidad de tiempo.}}$$

$$\text{Por lo tanto } E_R = \frac{R}{c_R}$$

Si la obtención de juveniles $J = J(Z_i, D_j, k)$, la eficiencia de esta etapa E_j , en la zona i con el artefacto j y la densidad k será igual a:

$$E_J = \frac{\text{Número de organismos } J \text{ que terminan la etapa}}{\text{Suma de los costos fijos y variables en la unidad de tiempo } (c)}$$

$$\text{Por lo tanto } E_J = \frac{J}{c_J}$$

Y si el número de adultos y el peso promedio de los mismos son función de la zona i , dispositivo j densidad k y tiempo de cosecha t , la eficiencia de la etapa de adultos:

$$E_A = \frac{\text{Número de organismos que terminan la etapa } (A) \text{ por el peso promedio } (\bar{p})}{\text{Costos fijos y variables en la unidad de tiempo - considerados } (c)}$$

$$\text{Teniendo finalmente: } E_A = \frac{(A \cdot \bar{p})}{c_A}$$

Por lo tanto, si el objetivo del diseño de cultivo es el de contar la máxima eficiencia de producción (P) total del recurso de interés, este objetivo se espera sea el resultado de lograr las eficiencias máximas de cada una de las etapas -- del cultivo del recurso que se desarrolla.

$$P = P (E_R, E_J, E_A), \text{ de lo que sustituyendo se tiene:}$$

$$P = P \left[\left(\frac{R}{c_R} \right), \left(\frac{J}{c_J} \right), \left(\frac{A \cdot \bar{p}}{c_A} \right) \right]$$

Generalmente en los cultivos lo que importa es obtener, al terminarlos, la mayor producción al menor costo posible, o máxima eficiencia total resultado de las máximas eficiencias parciales. Considerando que para el sistema interesa y se contabiliza la producción expresada como el número organismos final de cada etapa (tomando la mortalidad como implícita), se observa que en la última etapa se encuentran contenidas, representadas y se integran, las producciones parciales de cada etapa precedente. Llegando finalmente a que la eficiencia de producción total del cultivo podrá expresarse como el número de organismos por el peso promedio, generados en la eficiencia máxima de la última etapa (como resultado final del sistema) sobre el costo de las eficiencias máximas obtenidas en las etapas de reproducción, juveniles y adultos u organismos de talla comercial,

$$p = \left(\frac{A \cdot \bar{p}}{c_R + c_J + c_A} \right)$$

Esta ecuación ya con solución analítica, representa un modelo cuyo resultado será, una relación de biomasa producida a un costo, lo cual multiplicado por el precio por unidad de biomasa, proporcionará un factor, que en caso de ser mayor que la unidad mostrará, que con esos valores de biomasa y costos -- resultado de las eficiencias máximas en las etapas del cultivo, existen utilidades. Si el valor resultase menor que tal número, pondría en evidencia pérdidas, que de no poder reducir los costos o aumentar el precio conducirían a descartar el acuícultivo de ese recurso en las condiciones investigadas.

$$F = P_{\text{u.}} (\text{precio/u. de biomasa}).$$

Es de esperarse que si la función de utilidad obtenida (F) fuera de 1.6 en la unidad de tiempo considerada, mostraría utilidad del 60%. Si la tasa máxima de interés bancario en ese momento fuera, por ejemplo del 50% mostraría la conveniencia de invertir en la implantación de todo el cultivo.

Habiéndose evaluado la eficiencia de la producción total del cultivo y su función de utilidad, se observa que para fines prácticos interesa también precisar la evaluación de las eficiencias parciales iniciales y visualizar si existen utilidades en cada etapa, no sólo en términos de organismos producidos a un costo determinado, sino integrar este último cociente con el precio comercial por individuo así como se hizo en la última etapa. De esta forma se podría detectar la etapa que es necesario apoyar con investigaciones (por su baja eficiencia y utilidad), haciendo los cálculos de las eficiencias de las primeras etapas mediante los costos máximos que deban tener los organismos producidos en las mismas, siendo este cálculo elemento importante en la toma de decisiones.

Los componentes para esta evaluación son los siguientes:

I = Tasa de interés bancaria en el período comprendido.

V_A = Precio comercial por un individuo de talla comercial.

V_J = Precio comercial por individuo juvenil

V_R = Precio o valor comercial de una cría

c_{MJ} = Costo máximo de un juvenil

c_{MR} = Costo máximo de una cría.

El cálculo de la eficiencia en la etapa de obtención de juveniles, expresada en el costo máximo que se pueda pagar por un juvenil para que sea rentable su producción, se efectuará sustituyendo los valores que se obtengan en la siguiente ecuación.

$$c_{MJ} = \frac{A}{J} \left(\frac{V_A}{1+i} - \frac{c_A}{A} \right)$$

El resultado de este cálculo se compararía con el costo real de producción de un organismo en la etapa de juvenil. Si; $c_{MJ} > \frac{c_J}{J}$ entonces la etapa es rentable reportando utilidades, pero si; $c_{MJ} < \frac{c_J}{J}$ se denotaría que no existen utilidades en la misma, siendo conveniente apoyarla con investigación para mejorar su eficiencia o en su caso desecharla. Si el valor de c_{MJ} fuera igual a $\frac{c_J}{J}$ evidenciaría que se tendrían las mismas utilidades al invertir en la etapa del cultivo o en el banco, eligiendo quizá este último por el menor riesgo de la inversión.

Para calcular la eficiencia de la etapa de reproducción:

$$c_{MR} = \frac{J}{R} \left(\frac{V_J}{1+i} - \frac{c_J}{J} \right)$$

En el caso de que no se disponga de V_J se puede utilizar para el cálculo c_{MJ} .

Estas evaluaciones parciales son importantes al proporcionar los elementos para la selección de la mejor o mejores alternativas en la toma de decisiones, pudiendo por ejemplo ya optar por:

- a) Implantar el cultivo a un nivel comercial en su totalidad.
- b) Conveniencia de mantenerlo como productos de crías o de juveniles.
- c) Necesidad de apoyo en las investigaciones y ajuste en alguna etapa.
- d) Necesidad de desechar la propuesta del cultivo.

Con estos elementos podrían inclusive aplicarse métodos de evaluación económico sociales (tasa interna de retorno, período de recuperación, relación costo beneficio, etc) para especificar y precisar la rentabilidad del cultivo en su totalidad, y de cada una de sus etapas.

5. DISEÑO EXPERIMENTAL ESTADISTICO.

Con el desarrollo del modelo, se observa que la producción en biomasa rentable, es generada de las etapas de reproducción, obtención de juveniles y obtención de organismos de talla comercial con la mortalidad respectiva a cada una de las tres etapas. Estas etapas son controladas y dependen de una serie de factores (zona, dispositivo, densidad y tiempo de cosecha con sus costos asociados) sobre los que se puede intervenir directamente en la producción, y concretamente determinan el diseño del sistema de producción mediante cultivo.

La hipótesis para el diseño de cultivo es: Si se determinan los niveles de los factores relevantes en cada una de las tres etapas con la que se obtenga el mayor número de organismos, del mayor peso posible al menor costo (eficiencia máxima en un tiempo determinado), entonces se puede lograr el diseño del sistema de producción mediante cultivo.

Para encontrar la combinación de los niveles de los factores de los que dependen las tres etapas, se advierte que no dejan de ser importantes cada uno de los parámetros que definen la zona, por ejemplo. Sino que operacionalmente para el sistema de producción y por lo tanto para el cultivo interesa el efecto integrado de los parámetros del factor zona, (temperatura, nutrientes, competencia, etc). en las tres etapas.

Al agrupar los parámetros menos relevantes y poco factibles de control, e incluirlos en la zona como un total,

se evitan estimaciones muy particulares que no conducen al objetivo del cultivo, como tal, optimizándose además el uso de los recursos financieros, materiales y humanos.

La determinación específica adecuada de los parámetros que caracterizan a la zona y que se hayan a partir - de las investigaciones básicas, estimados relevantes, estará sujeta a los recursos financieros con que se disponga. Por-- que si, por ejemplo, se tienen recursos muy limitados, lo -- que es más importante en el contexto del cultivo comercial - es el diseño de la manera de obtener producción rentable, y - en caso de que se cuente con mayor presupuesto (o forma de - coordinarse con una institución especializada) conocer el -- efecto particular de cada parámetro de la zona, en el creci-- miento, mortalidad y reproducción, así como plantear otros - estudios autoecológicos que se consideren convenientes.

Ackoff (1962) introduce al diseño mencionado que, las técnicas modernas permiten diseñar experimentos que efec-- tivamente sirvan a nuestros objetivos creando los diseños ex-- perimentales adecuados a tipos particulares de situaciones - experimentales. Al referirse a tipos de diseños dice que cuan-- do se tiene como objetivo obtener una amplia visión de los - efectos de los factores que determinan un fenómeno, y por lo tanto los niveles de los factores que nos dan la respuesta - máxima, los diseños factoriales son los más adecuados, siendo mucho más económicos, que los desarrollados con base en ex-- perimentos de un sólo factor.

A este respecto Cochran & Cox (1974) afirman también que los diseños factoriales, han llegado a tener una parte --

prominente en la experimentación, son de los planes estadísticos más sensibles en la detección de los efectos anteriormente mencionados, permitiéndonos formular juicios fundamentados en todas las observaciones acumuladas y conjunto de experimentos.

De acuerdo con la hipótesis planteada, es necesario determinar la combinación de los niveles de los factores relevantes, zona, dispositivo, densidad y tiempo de cosecha, (en cada una de las tres etapas) que produzca el mejor resultado para el objetivo del sistema. Así mismo, conocer el efecto de los diversos factores en conjunto y por separado en cada una de las etapas, e ir poniendo en claro las interacciones entre ellos.

Con base en lo anteriormente referido se generan tres diseños factoriales:

a) El primero, para la etapa de reproducción. Que al ser función de la zona y dispositivo $R = R (Z_i, D_j)$, se compone por el número de niveles o categorías de los factores zona y dispositivo, que se consideran a probar. Por ejemplo, en el caso de que se quiera desarrollar el cultivo de un recurso, tomando en cuenta las investigaciones básicas y los recursos disponibles, se eligen las zonas y los dispositivos a experimentar y determinar para la reproducción. Estos que pudieran ser cuatro zonas, y cuatro dispositivos, constituirían un diseño factorial de reproducción de 4×4 niveles de los factores.

		DISPOSITIVO *			
		1	2	3	4
ZONA	1				
	2				
	3				
	4				

* NOTA: en el caso del ostión en ambiente natural - por ejemplo, los niveles de dispositivo a elegir - los más eficientes podrán ser colectores de: canasta, teja, tipo "pritcher", sarta, etc.

Al procederse a la medición del sistema, y contabilizarse el número de crías en cada zona con cada uno de los cuatro dispositivos se tendrán 16 tratamientos diferentes. De estos tratamientos, se seleccionará el más eficiente, en función del número de larvas reclutadas por zona y por dispositivo, con los costos fijos y variables asociados a la etapa en la unidad de tiempo seleccionada.

En esta etapa aunque existe mortalidad desde que -- los organismos son fecundados hasta reclutarse generalmente -- no se puede medir. Considerando ésto, y que para el diseño importa básicamente el número de organismos que terminan la etapa, la mortalidad se desecha tomándola como intrínseca a las etapas como inicialmente se había mencionado.

En el caso de efectuarse el reclutamiento en ambiente controlado (laboratorio) y por lo tanto ya tenerse la óptima zona, se determinará sólo el dispositivo más eficiente.

b) Para la etapa de juveniles $J=J(Z_i, D_j, k)$, el diseño se compone del número de niveles de los factores zona, -- densidad y dispositivo, que con los antecedentes y recursos se hayan elegido a probar. Si al igual que en el caso anterior -- quisieran probarse cuatro zonas de crecimiento, con cuatro dispositivos y ahora tres densidades por ejemplo, se tendría un diseño de $4 \times 4 \times 3$ niveles de los factores. En este diseño son -- incluidos también los factores zona y dispositivo porque generalmente son diferentes a los de reproducción, pudiendo para -- esta etapa considerarse tres zonas, y tres dispositivos a probar que con los tres niveles del factor densidad se formaría -- un diseño de $3 \times 3 \times 3 = 27$ tratamientos diferentes.

		DISPOSITIVO								
		1			2			3		
DENSIDAD*		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Z	1									
O	2									
N	3									

* NOTA: La densidad es expresada en términos continuos pudiendo por ejemplo ser elegidas a probar, para obtener la función de densidad: 50 organismos/m², 100 organismos/m² y 150 organismos/m² que por las investigaciones básicas y los recursos disponibles se hayan elegido.

Al medir el sistema, se seleccionaría el tratamiento más eficiente en función del número de organismos con los-

costos asociados a cada tratamiento.

c) Etapa de obtención de adultos A=A (Zi,Dj,k,t). -

En este diseño, se medirán los efectos de los diversos niveles de los factores zona, dispositivo, densidad y tiempo de cosecha, elegidos a probar. Ya en este caso pudieran ser las mismas tres zonas que las de juveniles, tres densidades, dos dispositivos y tres tiempos de cosecha a seleccionar. Con este ejemplo resultarían $3 \times 3 \times 2 \times 3 = 54$ tratamientos diferentes a seleccionar el más eficiente.

En los casos en que el cultivo sea realizado en todo el ciclo bajo condiciones controladas (granjas o centros)- el único factor que no se consideraría sería la zona teniendo $3 \times 2 \times 3 = 18$ tratamientos.

		DISPOSITIVO																				
		1			2			3														
T. DE COSECHA*		1			2			3			1			2			3					
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Z O N A	1																					
	2																					
	3																					

* NOTA: El tiempo de cosecha también se expresa en términos -
contínuos pudiendo ser: 10, 12, 5, 6 15 meses.

En el caso de que por los recursos disponibles no pudieran montarse los diseños factoriales completos, existe la alternativa de utilizar factoriales fraccionados (Cochran & Cox, 1974).

5.1. Muestreo

El diseño del muestreo y con ello de los tamaños óptimos de muestra, aspecto fundamental en cualquier investigación, es necesario sean elaborados a partir de un premuestreo inicial (Cochran, 1978). Este premuestreo comprende análisis de variabilidad de los datos, en pequeñas pruebas de los factores a considerar, por lo que representa un indicador de cómo orientar el diseño específico del muestreo para la medición del acuicultivo.

Si se cuenta con información de investigaciones previas, puede hacer las veces de premuestreo, y con el análisis de variabilidad mencionado fijar el tamaño de muestra. La forma más generalmente utilizada (diseñada para muestreos al azar) es la siguiente:

$$n = \frac{Z_0^2 S^2}{e^2}$$

En la que n representa el número de muestras, S^2 es la varianza resultado del análisis de variabilidad, Z_0 está-

dada por el nivel de confianza al que se requiere trabajar y e es el error estándar a permitir. De este error depende la estimación del tamaño de muestra estableciéndose en muchos casos subjetivamente.

Watt (1968) menciona que el error estándar para una desviación dada es una función descendente del tamaño de muestra, pudiendo esto ser usado para su cálculo, afirmando finalmente que un error estándar igual al 10% de la media ($e=0.1$) es un error sensible al que puede aspirar la mayoría de los trabajos de campo.

Suponiendo que quiera estimarse el número de dispositivos de reproducción a registrar en una zona, si se tiene información (o se ha obtenido de premuestreos) de que la varianza es por ejemplo de 0.5 larvas y queremos tener un 95% de confiabilidad en la elección del tamaño de muestra (Z_0 con un valor en tablas de 1.96), tenemos:

$$n = \frac{Z_0^2 S^2}{e^2} \quad , \quad n = \frac{(1.96)^2 \times 0.5}{(0.1)^2} = 192$$

Lo que nos indica que con esa varianza, al registrar 192 dispositivos de reproducción al 95% de confianza se está estimando la media poblacional del número de larvas, pudiendo ser el caso (si no se tiene presupuesto para trabajar al 95%) que quiera bajarse al 90% de confianza, con lo que n sería igual a 136 muestras.

Este procedimiento es necesario realizar para estimar, además del número de dispositivos de todo tipo a registrar, periodicidad, número de organismos a pesar y medir por zona, frecuencia de medición, etc.

5.2. Procesamiento y Análisis de Información

Para reforzar la elección de las eficiencias máximas, pueden analizarse los registros sobre crecimiento corporal con el modelo generalizado de Von Bertalanffy:

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Existen diversos métodos para estimar los parámetros L_{∞} , K y t_0 de este modelo, pudiendo utilizarse específicamente los de: Ford-Walford (citado en Everhart et al, 1975), -- Beverton y Holt (1957), Gulland (1977), como más adecuados a aplicar, según las características de la información de crecimiento que se esté obteniendo.

Para precisar la mortalidad se recomienda hacer en cada tratamiento una tabla de vida según Krebs (1978), la cual integra la información de sobrevivencia de los organismos a los diferentes tratamientos, obteniéndose de la misma; la tasa de mortalidad y la esperanza de vida de los organismos en cada edad, sirviendo estos últimos para comparar dichos tratamientos y apoyar la elección del mejor, así como para seleccionar el tiempo óptimo de cosecha.

La elección de los tratamientos más eficientes se puede reforzar inclusive con la aplicación de contrastes individuales con el método de Yates para diseños factoriales -- (Cochran y Cox, 1974). Este método sistemático reduce la probabilidad de error (especialmente en experimentos complejos) en el cálculo de la magnitud de efectos de los tratamientos. En este caso, servirá para apoyar más aún la elección del cual es el tratamiento más eficiente, expresado en función de la -- zona, dispositivo, densidad y tiempo de cosecha óptimos para -- cada etapa en un momento dado.

Una vez obtenido el diseño del cultivo y por lo tanto haber encontrado las mayores eficiencias de producción del recurso de interés, se realizarán las evaluaciones iniciales de la rentabilidad tanto del cultivo en su totalidad como de -- cada una de las etapas de la manera descrita en el capítulo an -- terior.

IV.- DISCUSION

Pese a la antigüedad desde el punto de vista histórico de la acuicultura como actividad y a las inversiones en ella realizadas, se ha puesto de manifiesto que en términos generales esta actividad en México se ha desarrollado sobre la base de acciones empíricas, intuitivas, desarticuladas y sin una visión integral del complejo sistema en que se está actuando. No obstante que se cuenta con adecuado número de investigaciones básicas principalmente en el área de biología, indudablemente no cubren las necesidades a investigar y por otro lado poco se ha tomado en consideración en la programación quedando aisladas de estudios económicos y tecnológicos necesarios al cultivo. Debido a esto no se han generado: ni los beneficios propuestos, ni se ha desarrollado la estructura teórica fundamental para la planificación y operación de la acuicultura.

La carencia de estructura, entendida ésta como patrón que conduce a la organización y toma de información respecto a un tema (Forrester, 1968), produce que no existan suficientes elementos para la identificación, organización y sistematización de los cultivos en forma adecuada razón por la cual estos se realizan con bajos niveles de confiabilidad, permaneciendo los conocimientos como prácticas y estudios aislados que abarcan numerosos aspectos que al estar fraccionados no conducen al logro de los objetivos, lo que determina pérdida de recursos y tiempo. No existe en acuicultura (o no está reportada) una estructura integradora como pueden ser los modelos teóricos de --

poblaciones en explotación, que gufen la obtención de información, ni por lo mismo se ha conceptualizado a la acuicultura - identificando los factores de los que depende la producción de biomasa rentable (como función u objetivo de un cultivo) con - lo cual pudiesen enfocarse las investigaciones a su determinación y permitiesen conocer confiablemente si debe rechazarse - o implantarse un acuicultivo y la manera de hacerlo en deter - minada localidad.

En este contexto se originó y desarrolló el presen - te trabajo enunciándose, en el diagrama de bloques inicial -- (Fig.1), todos los aspectos considerados fundamentales a efec - tuar para conocer si es posible implantar un cultivo a nivel - comercial, comprendiendo este estudio, las etapas básicas gene - rales para la planificación de un cultivo.

Se considera que para continuar con los aspectos sub - secuentes y por lo tanto llegar a la validación del modelo, es - requerido como sistema de producción en donde es indispensable el financiamiento, un análisis del presupuesto para el cultivo de la especie y en la zona donde este se realizaría, para poder iniciar la medición al ser proporcionados los recursos materia - les y humanos (punto 7 de la figura 1). Por lo tanto, se esti - ma que la aplicación de este enfoque en un cultivo en particu - lar podrá partir del modelo planteado ajustando sólo los deta - lles que se requieren en el diseño experimental estadístico.

Al analizar el sistema para identificar los elemen - tos relevantes, se encontraron las características fundamenta -

les de la forma en que operan los acuicultivos. El hecho más frecuente es que se estudian aspectos que se ignora si son -- importantes o no, aislados unos de otros, de manera que nunca se conoce en qué nivel se encuentra y si se incide en los elementos que conducen al logro de los objetivos. Debido a ello es generada una gran cantidad de información dispersa y que no se utiliza adecuadamente, confundiéndose inclusive los objetivos del acuicultivo por los de una investigación básica de un aspecto meramente biológico o tecnológico y que por no haber sido planeada sobre una base firme, produce pérdida de recursos y tiempo sin llegar siquiera a conocerse si el cultivo es o nó factible en determinadas condiciones . Dichas deficiencias no son unicamente a nivel nacional, prosperando cultivos que a base de prácticas de ensayo-error a través de décadas -- (o que por el alto nivel tecnológico de algunos países que les ha permitido reducir costos) han ido produciendo utilidades en ciertas zonas, siendo inoperante el tratar de adaptar éstos -- rápidamente en condiciones diferentes a las que se generaron, por lo azaroso de sus resultados y la gran pérdida de recursos y tiempo que por lo mismo traen consigo.

La conceptualización de un acuicultivo como un sistema de producción formado por un conjunto de elementos con la función de generar biomasa rentable, es determinante para la elaboración del modelo y en general para todo el sistema de cultivo, ya que los elementos que lo conforman y sus relaciones, estarán definidas por la mencionada función de producción. De aquí que se identifiquen dos subsistemas, uno forma -

do por el recurso biótico a cultivar que genera la producción, y el otro por los factores de los que depende el primero, siendo esto fundamental, ya que sobre estos factores se tiene acceso y se puede ejercer control mediante las acciones de cultivo. Por ello, el diseño del sistema de producción y en consecuencia las investigaciones y actividades, deben estar enfocadas a encontrar el valor y nivel de los factores que maximizen la producción a costos mínimos, lo que sería en resumen, diseñar el sistema que condujera a la obtención de la máxima eficiencia de producción del recurso de interés mediante cultivo.

Por lo antes mencionado se consideró conveniente agrupar el efecto de los parámetros, en los niveles de los factores a los que caracterizan, por ejemplo: salinidad, productividad primaria, competencia, etc., en el factor zona, ya que individualmente no conducen al objetivo del sistema, ni por lo mismo tienen relevancia por separado. Esto no quiere decir que no sean importantes ecológicamente, sino que el enfoque contempla el efecto integrado de los parámetros en sus factores. Según ha sido mencionado, una vez seleccionada la especie a cultivar, lo que para el sistema de producción tiene más relevancia es la forma a desarrollar el acuicultivo a un nivel comercial, y después, si no existe la información y si se tiene mayor financiamiento, la determinación de los parámetros específicos que las investigaciones básicas no hayan efectuado, y su efecto sobre los elementos relevantes. Con esta determinación se aproximaría a conocer las causas de los valores de reclutamiento, mortalidad y crecimiento en determi

nadas zonas, lo que serviría para una mayor generalización y proyección, pero que no es indispensable inicialmente para -- lograr los objetivos del sistema de producción específico.

Según se ha visto en el caso de la acuicultura no se han identificado los elementos tanto biológicos como tecnológicos y económicos relevantes, los que al proporcionar las bases para conformar una estructura integradora de conocimientos, permitan orientar las investigaciones para realizar cualquier cultivo. Los elementos obtenidos y considerados comunes, no son contemplados claramente en todos los casos, sino que se hacen en la mayoría de una manera intuitiva, investigándose otros aspectos que se "ocurren" importantes, a los que son dedicados inclusive más tiempo y recursos, sin llegar con los recursos y tiempo que se disponía a conocer -- al menos si es o no factible el cultivo de una especie en -- cierta localidad.

En la actualidad existen investigaciones biológicas fundamentales para el cultivo, pero desgraciadamente estas son pocas, y según fué observado en el caso de ostión, permanecen aisladas sin conjuntarse con los estudios económicos y tecnológicos necesarios para lograr la producción de -- biomasa rentable.

La identificación de los elementos relevantes y -- con ello el establecimiento de las etapas fundamentales de un acuicultivo, proporcionan las bases para conformar una -- estructura integradora de conocimientos. De manera que se --

propone que las investigaciones y obtención de la información de los cultivos, se orienten a la estimación de estos elementos relevantes al mismo, que a su vez integrados y relacionados en un modelo, conduzcan al logro, de una forma ya definida y optimizada en el uso de recursos disponibles, de los objetivos del sistema.

La selección del número de individuos que permanecen en cada etapa del cultivo (con el peso promedio en la última etapa) y los costos respectivos como variables de control, permite tener en todo momento una medida de desempeño del sistema, mediante la cual puede establecerse la eficiencia del cultivo, teniendo indicadores para controlar y realizar ajustes continuos.

En el modelo desarrollado es evidenciado que la producción de biomasa rentable procederá de lograr las mayores eficiencias en cada etapa del mismo (reproducción, juveniles y adultos), de donde se derivan las tres funciones básicas que componen el modelo. En estas funciones se ven claramente los elementos relevantes a considerar en el diseño de un cultivo específico para su posterior medición ya con los recursos necesarios. Estas funciones se integran finalmente en una, cuyo resultado con solución analítica, es una relación de biomasa producida a un costo generado del logro de la máxima eficiencia en cada una de las etapas del cultivo. Con este resultado al multiplicarlo por el precio por unidad de biomasa (aplicando criterios de evaluación económica), se puede poner en evidencia si el cultivo en su totalidad, es o no conveniente, sirviendo además

como elemento de planificación para toma de decisiones.

El precisar la evaluación de las eficiencias de las etapas de reproducción y juveniles, y visualizar si existen utilidades por separado, es de gran importancia para optimizar el diseño del sistema de producción rentable. Ya que por ejemplo, se podría detectar la etapa con más bajas utilidades (o pérdidas) y decidir apoyarla con investigaciones para ajustarla, o desecharla y mantener el cultivo como productor de crías o juveniles. Reforzando así en su caso la decisión de descartar o implantar el cultivo a un nivel comercial en su totalidad.

Respecto al desarrollo y aplicación del diseño experimental estadístico para la determinación matemática de los objetivos del sistema, los diversos autores coinciden en mencionar que es una herramienta excelente para saber cómo se comporta el proceso y efectuar mediciones confiables que efectivamente sirvan a nuestros objetivos, pudiéndose adecuar a diversos tipos de situaciones experimentales. Proporciona también las bases para la estimación de esfuerzo, tiempo y costo de las investigaciones para resolver un problema formulado.

De cada etapa fué elaborado el respectivo diseño factorial que se enfocó a la elección del tratamiento más eficiente en función del que haya proporcionado el mayor cociente entre el número de organismos sobre el costo. Por ésto, para la investigación en la operación del cultivo, el acuicultor debe enfocarse a encontrar el valor y niveles de los fac--

tores que producen la mayor eficiencia en cada etapa.

Se espera también con esto que el presente trabajo proporcione los lineamientos de acción al investigador - en acuicultura por lo que además se hizo un resumen simplificado del muestreo, procesamiento y análisis de la información que se genere.

V.- CONSIDERACIONES FINALES.

La importancia de la acuicultura como alternativa de producción de alimentos y la baja eficiencia que a este respecto ha mostrado, provocada entre otras cosas por su falta de estructura, denotan la urgente necesidad de apoyar su desarrollo con enfoques e investigaciones interdisciplinarias. Planteamientos integrales que permitan encauzar la búsqueda de información y las acciones e investigaciones que conduzcan a estructurar los acuicultivos, como sistemas de producción rentables.

El modelo desarrollado, aunque está en etapa pre-evaluativa, por la estructura general que presenta, se estima que puede aplicarse a diversos acuicultivos, con ajustes que dependerían del cultivo a tratar. Los ajustes se harían básicamente en el diseño experimental estadístico para la medición. Por ejemplo, en los cultivos en que la producción ocurre en laboratorio es obvio que la zona no será considerada, procediendo de igual manera en casos en que dado un factor por las investigaciones básicas existentes, se tenga confirmada la elección del nivel más conveniente y no sea necesario por lo tanto, probar diversos niveles con lo cual podría simplificarse el diseño y ejecución. Lo que representaría relativamente una mayor modificación sería el que tuvieran que contemplarse más etapas de crecimiento de las crías o juveniles en cultivos que presenten varias disminuciones de densidad, por lo que en estos casos es necesario repetir el diseño de la etapa de juveniles tantas veces como disminuciones de densidad se hagan hasta llegar a la etapa de adultos.

El modelo general, de la misma forma se ampliaría al incorporar los costos del número de etapas de crecimiento de juveniles que fuesen necesarias.

El enfoque expuesto proporciona un plan de acción - para el investigador y el tomador de decisiones en acuicultura, ya que muestra: Qué hacer para el desarrollo de un cultivo en una zona, como saber si es o no conveniente implantarlo comercialmente con niveles de confianza establecidos, y en su caso, cuáles serían los lineamientos para estructurarlo como un sistema de producción rentable. Se considera, finalmente - que es un elemento importante en la captación racional de información al plantear como opera y debe operar un cultivo -- dirigiendo esfuerzos de investigación y optimizando recursos, pudiendo constituirse en una estructura integradora de conocimientos, para planear, ejecutar y evaluar las intervenciones e investigaciones sobre un acuicultivo.

VI BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABBOTT, T.R., 1974. American seashells. New York: Van Nostrand Reinhold Co. 456-457.
- ACKOFF, R.L., 1962. Scientific Method optimizing applied research decisions. New York: John Wiley. 464 pp.
- ACKOFF, R.L. & SASIENI, M.W., 1979. Fundamentos de la investigación de operaciones. México: Limusa. 502 pp.
- ALVAREZ, S.T., 1980. Planteamiento de un cultivo integral de maricultivo de langosta roja Panulirus interruptus. Memorias de II Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Nov. 1978. México: 2099-2112.
- BARDACH, J., RYTHER, H. & McLARNEY, W., 1972. Aquaculture. New York: John Wiley. 557-565.
- BEISHON & PETERS, 1972. Systems behaviour. London: Harper & Row. 327 pp.
- BEVERTON, R.J. & HOLT, H., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fishery investigation, London: (Series II), Vol. XIX. 533 pp.
- BROWN, E.E., 1977. World fish farming, cultivation and economics. Connecticut: Avi Publishing Co. 97 pp.
- CASTILLO, Z.R., 1977. Contribución al estudio taxonómico de algunas especies mexicanas de la familia Ostreidae. Tesis Profesional, Fac. de Ciencias. UNAM. México: 60-65.
- CHASE, W.P., 1974. Management of system engineering. New York: John Wiley. 228 pp.
- CLARK, C.W., 1976. Mathematical bioeconomics. The optimal management of renewable resources. New York: John Wiley. 352 pp.
- COCHRAN, W.C., 1978. Técnicas de muestreo. México: Ed. C.E.C.S.A. 507 pp.
- COCHRAN, W.C. & COX, G.M., 1974. Diseños experimentales. México: Ed. Trillas. 601 pp.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1977. a. Presentación al Presupuesto por Programa. México: DEPEPES. 103 pp.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1977. b. Plan Nacional de Desarrollo Pesquero. México: DEPEPES. 361 pp.

- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1978. a. 31 proyectos de acuicultivo en México: DEPEs
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1978. b. Estadísticas de producción pesquera nacional. México: DEPEs. 169 pp.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1979. a. Proyecto de cultivo piloto de Pinna rugosa en Bahía de La Paz, México: DEPEs. 81 pp.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1979.b. Proyecto de cultivo piloto de "Callo de Hacha" en Sonora. México: DEPEs. 81 pp.
- DEPARTAMENTO DE PESCA, 1980. Programa sectorial Pesca-Acuicultura Sistema Alimentario Mexicano. México: DEPEs. 100 pp.
- EVERHART, H.W., EIPPER, A. & YOUNGS, W., 1975. Principles of Fishery Science. London: Cornell. Univ. Press. 288 pp.
- F.A.O., 1976. Planificación de la Acuicultura en América Latina. Caracas: F.A.O. ADCP/REP/76/3. 173 pp.
- F.A.O., 1978. Aquaculture Development in Mexico. México-ROMA: F.A.O. ADCP/MR/79/4. 44 pp.
- FELIX, E.P., 1980. Cultivo piloto de almeja catarina. Argopecten circularis. Memorias II. Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Nov. 1978., México: 823-844.
- FORRESTER, J.W., 1968. Principles of Systems. Cambridge: Allen Press. 330 pp.
- FUJIYA, M., 1970: Granjas Pesqueras en Japón. Memorándum técnico No. 6-02-1. México: S.R.H. 129 pp.
- GOODALL, D.W., 1972. Building and testing ecosystems models in: Mathematical models in ecology (Jeffers, J. Ed.), Oxford: Blackwell. 173-194.
- GULLAND, J.A., 1977. Fish population dynamics. London: John Wiley. 372 pp.
- HALFON, E., 1979. Theoretical systems ecology. New York: Academic Press. 516 pp.
- HALL, CH. & DAY, J., 1977. Ecosystem modeling in theory and practice. New York: Wiley Interscience. 684 pp.
- HANSON, J.A., 1974. Open Sea Mariculture. Pennsylvania: Dowden Hutchinson and Rose. 410 pp.

- HUET, M., 1978. Tratado de piscicultura. Madrid: Mundiprensa. 745 pp.
- IVERSEN, E.S., 1968. Farming the edge of the Sea. London: Fishing News (Books) Ltd. 301 pp.
- KORRINGA, P., 1976. Farming marine organisms low in the food chain. Vol. 1. Amsterdam: Elsevier. 264 pp.
- KREBS, C.J., 1978. The experimental approach of distribution and abundance. New York: Harper & Row. 678 pp.
- LI, C.C., 1964. Experimental design. New York: McGraw Hill. 390 pp.
- MOCTEZUMA, C.C., 1980. Método para el cultivo comercialmente rentable del camarón prieto o langostino manos de carrizo, Machrobrachium acanthurus. II Simposio Latinoamericano de Acuacultura, Noviembre de 1978. México: 663-719.
- MORALES, H.L., 1978. ¿La revolución azul?, Acuacultura y Ecodesarrollo. México: Ed. Nueva Imagen. 168 pp.
- PATTEN, B., 1972. Systems analysis and simulation in ecology. New York: Academic Press. Vol. I. 607 pp.
- PILLAY, I.V.R., 1975. Planificación del desarrollo de acuacultura. Guía Preliminar. Roma: F.A.O. WI/F9057. 58 pp.
- PILLAY, I.V.R., 1975. Research and extension services for aquaculture development. Roma: F.A.O. W/G3651. F.A.O. 7 pp.
- RAMIREZ, R. & SEVILLA, M.L., 1965. Las Ostras de México. Pub. Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq. México: 7. 100 pp.
- REAY, P.J., 1979. Aquaculture: Baltimore: Univ. Park Press. 60 pp.
- RICKMERS, A.D., 1971. Estadística. México: Ed. C.E.C.S.A., 645 pp.
- ROSAS, M.M., 1976. Peces dulce-acuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. México: C.E.S.S.T.C.M. 135 pp.
- SEVILLA, M.L., 1981. Introducción a la Acuacultura. México: Ed. C.E.C.S.A. 111 pp.
- SPOTE, S.H., 1970. Fish and invertebrate culture. New York: Wiley. 145 pp.
- S.R.H., 1975. Plan Nacional de Acuacultura. Dirección de Acuacultura. México: S.R.H. 17 pp.

- S.R.H., 1976. Resumen de actividades 1971-1976. Dirección de Acuacultura. México: S.R.H. 13 pp.
- SUMANO, R.L., 1980. Cultivo de tortugas marinas en México. Memorias II. Simposio Latinoamericano de Acuacultura. Nov. 1978. México: 2113-2134.
- VAN DYNE, G.M., 1975. Some procedures, problems and potentials of systems oriented, ecosystem, level research, programs. Papers presented to the Sweden Seminar in May 1973. Sweden: 58 pp.
- WALKER, M., 1963. The nature of scientific thought. New York: Prentice Hall. 320 pp.
- WALNE, P.R., 1974. Culture of bivalve molluscs 50 years experience at Conwy England: Fishing News (Books) Ltd. 173 pp.
- WATT, K.E.F., 1968. Ecology and resource management. New York: McGraw Hill. 450 pp.
- WEBBER, H. & RIORDAN, P., 1976. Criteria for candidate species for Aquaculture. Aquaculture, 7:107-123.

CENTRO INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIONES DE
CIENCIAS MARINAS
I. P. N.
BIBLIOTECA